LIBRARY OF JAMES HALL

3e Série, t. XXI. — 1893. — N° 2.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

(CETTE SOCIÉTÉ, FONDÉE LE 17 MARS 1830, A ÉTÉ AUTORISÉE ET RECONNUE COMME ÉTABLISSEMENT D'UTILITÉ PUBLIQUE, PAR ORDONNANCE DU ROI DU 3 AVRIL 1832)

TROISIÈME SÉRIE

TOME VINGT-ET-UNIÈME

Notes et Mémoires : Feuilles 5-9.
(Pl. I-III).

PARIS
AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ
Rue des Grands-Augustins, 7

1893

Le Bulletin paraît par livraisons mensuelles
1893

AVIS

Le Secrétaire rappelle aux membres de la Société géologique les décisions suivantes, prises par le Conseil :

Les Membres de la Société doivent acquitter leur cotisation à partir du 1er janvier, s'ils veulent recevoir le Bulletin au moment de la publication. — Le Trésorier est autorisé à faire recouvrer les cotisations à domicile, par la poste, avec un supplément de 0,85 c. pour les frais d'encaissement.

Les Membres doivent adresser, d'une manière impersonnelle, tous les envois d'argent et les mandats à *Monsieur le Trésorier de la Société géologique de France* et toute la correspondance à *Monsieur le Secrétaire de la Société géologique de France.*

Les manuscrits seront conservés dans les Archives de la Société et ne seront pas communiqués aux auteurs en même temps que l'épreuve qu'on leur adressera. De plus, il ne sera envoyé qu'une seule épreuve aux auteurs.

Il ne doit être publié dans le Bulletin ou le Compte-Rendu aucun nom d'espèce ou de genre nouveau dont l'auteur n'a pas fourni une description accompagnée de figure.

Le nom spécifique de tout fossile cité doit être suivi du nom de l'auteur qui a fait l'espèce.

Les demandes de tirages à part doivent être adressées directement au Secrétaire de la Société qui se charge, dans ce cas, de veiller à leur exécution.

Les Comptes Rendus des séances paraissent dans les quinze jours qui suivent la séance et ne sont pas réimprimés dans le Bulletin.

Les différents fascicules du Bulletin renferment seulement les Notes et Mémoires envoyés par les auteurs et acceptés par la Commission du Bulletin ; dans la composition de ces fascicules il n'est tenu aucun compte des dates des séances de la Société, les mémoires étant imprimés à la suite, en tenant compte seulement de la date du dépôt des manuscrits au secrétariat.

Pour chaque mémoire, une note infrapaginale indique la date de la communication, la date du dépôt du manuscrit et la date du bon de correction donné par l'auteur.

La date du bon à tirer de chaque feuille est inscrite au bas de la première page de la feuille.

Le Secrétaire prie les auteurs de vouloir bien, dans leurs manuscrits :

Souligner les noms d'espèces ;

Mettre une majuscule à tous les noms de terrains et d'étages employés comme substantifs et à tous les noms de groupes zoologiques et botaniques ;

Ecrire avec beaucoup de soin, surtout dans les notes destinées au Compte-Rendu, les noms d'auteurs, de localités et de fossiles.

Séparer les figures du texte pour en faciliter la reproduction par le dessinateur.

JAMES HALL

WEIMAR

NOTE SUR LES PHÉNOMÈNES DE RECOUVREMENT DES ENVIRONS DE TOULON,

par M. Ph. ZÜRCHER (1).

(Pl. I et II).

Le massif des Maures forme sur la côte de Provence, entre Toulon et Fréjus, un ensemble constitué pour la plus grande partie par des terrains cristallophylliens.

Les sédiments houillers et permiens, dont quelques îlots existent dans le centre de ce massif, l'entourent d'une marge très régulière, au-delà de laquelle s'étagent vers le Nord les couches plus récentes, triasiques et autres, qui constituent la région provençale calcaire.

Si l'on examine la ligne de séparation entre le massif cristallophyllien et les terrains plus récents qui l'environnent ainsi, on peut constater, à l'aspect des cartes géologiques (Feuilles de Marseille, Toulon, Draguignan), que, sauf en quelques points exceptionnels, le contact ne paraît pas être l'effet d'une superposition normale.

Entre Carnoules et Fréjus, une grande faille, à tracé très régulier, a été indiquée comme formant la séparation dont nous venons de parler. Plus à l'Ouest, aux environs de Toulon, les contours de la limite des terrains cristallophylliens sont au contraire d'une complication extrême, et ils montrent d'autre part cette curieuse disposition, mise en évidence par M. M. Bertrand dans la légende de la feuille de Toulon, à savoir que le contact des assises anciennes a lieu presque partout avec les couches les plus récentes de la série permo-triasique.

Le difficile problème consistant à élucider les rapports existant entre les terrains situés de part et d'autre de cette limite était ainsi posé quand le percement d'un tunnel de dérivation de l'Eygoutier, entre le Pont de la Clue et la mer, est veuu apporter un élément des

(1) Communication faite dans la séance du 12 septembre 1892; manuscrit remis le 5 mars 1893; épreuves corrigées par l'auteur parvenues au Secrétariat le 25 juillet 1893.

plus importants pour sa solution en montrant en ce point une superposition patente des phyllades au Muschelkalk et au grès bigarré.

Nous avons fait connaître en détail, en collaboration avec notre confrère et ami, M. M. Bertrand (1), les dispositions de cette curieuse région, où les phyllades en superposition anormale, témoins indiscutables d'un grand pli couché dont ils constituaient le noyau, se présentent sous la forme d'une étroite bande que des mouvements postérieurs ont pincée dans les terrains recouverts, et protégée ainsi contre les érosions.

Cet indice si remarquable appelait de nouvelles études dont les résultats font l'objet de la présente note.

Pour décrire les phénomènes observés, nous suivrons de proche en proche le bord des massifs anciens.

Le premier point intéressant qui se présente ainsi est le pied Nord de la montagne de Six-Fours, aux abords de la petite chapelle de Pépiole, bâtie sur un affleuremen très réduit de Muschelkalk (Pl. I, coupe nº I).

La coupe, à partir du fort qui couronne la hauteur, montre, au-dessus des phyllades, une grande masse de quartzites constituant la partie supérieure de la formation, puis, en stratification concordante, des poudingues et des grès d'une grande puissance représentant le Permien inférieur. Ces couches forment la colline située au Nord du chemin qui passe au hameau des Playes, et ce n'est qu'à la partie tout à fait inférieure de son versant Nord que l'on voit apparaître inopinément le Muschelkalk, sans que ni l'immense épaisseur des couches rouges du Permien supérieur ni le grès bigarré se soient montrés.

Une ligne de discontinuité existe donc entre le Permien inférieur et le Muschelkalk. L'allure de cette ligne est d'ailleurs bien difficile à reconnaître à cause de son peu de longueur. On peut cependant voir que les bancs du Muschelkalk, très variables de direction, pendent toutefois en majorité vers le Sud, et, en suivant la faille, on observe quelques bancs de quartzite fortement fissurés, mais bien caractérisés cependant, surgissant au milieu d'une sorte de magma formé par des débris du Permien inférieur.

La ligne de faille, qui sort des alluvions à deux cents mètres environ à l'Ouest de la chapelle de Pépiole, s'enfonce à nouveau sous les terres cultivées à la même distance à peu près vers l'Est.

Pour retrouver le prolongement du contact des phyllades, à leur limite septentrionale, avec les terrains plus récents, il faut traverser

(1) *C.-R. Ac. Sc.*, Mai 1891.

les alluvions d'abord, puis la rade de Toulon, et suivre enfin la partie basse du versant Nord de la hauteur du fort Lamalgue (Pl. I, coupe n° II).

Les phyllades forment le sommet du coteau, et c'est au pied, près de l'église du Mourillon, puis dans les fossés du fort Lamalgue, que l'on peut voir leur succéder, non plus le Permien inférieur, mais les schistes entremêlés de quelques bancs de poudingues, avec veines de charbon et nombreux débris végétaux, du terrain houiller.

A l'église du Mourillon, il y a renversement bien net des schistes sur le Houiller. Cette tendance s'atténue au passage des fossés du fort, où les couches sont à peu près verticales, puis la limite s'enfonce sous les alluvions des bords de l'Eygoutier, au-dessous desquelles on a trouvé le terrain houiller et où on a même fait quelques recherches de combustible minéral. Il faut, pour la retrouver, remonter le lit du cours d'eau pendant plus d'un kilomètre. On rencontre alors un nouvel affleurement du terrain houiller, grossièrement triangulaire, puis ce sont de nouveau les phyllades qui bordent les alluvions jusqu'au pont de l'Eygoutier.

Si l'on continue à suivre à partir de ce point la limite des phyllades, on la voit s'élever sur la colline qui domine en falaise le cours du ruisseau, et on peut constater en même temps que le Muschelkalk apparaît au Nord de cette limite avec sa puissance ordinaire, et un pendage peu accentué vers le Sud (Pl. I, coupe n° V, partie Nord).

Puis tout à coup les phyllades s'arrêtent, et on ne rencontre, en continuant à avancer vers l'Est, que du Muschelkalk ne paraissant pas accidenté de failles notables, et allant, un peu plus loin, reposer, à très peu près normalement, sur le grès bigarré.

La limite des schistes à filons de quartz se replie là de près de 180° et il faut, pour la suivre, revenir à peu près sur ses pas. On la voit alors séparer les phyllades des bancs du Muschelkalk peu inclinés vers le Nord (coupe n° V), puis des couches rougeâtres du grès bigarré. Le Muschelkalk reparaît ensuite le long de la faille qui se retourne vers le Sud, et se montre là très nettement stratifié, avec pendage de 15° à 20° vers le Nord-Ouest. Il forme toujours une bande assez étroite, et repose à l'Est sur le grès bigarré. Un point important est la constatation, dans une carrière abandonnée, de la présence de couches rouges de grès bigarré au-dessous du front d'attaque, et de l'épaisseur relativement très faible du Muschelkalk, qui n'a pas là plus de 20^m de puissance.

Ce coin de la banlieue de Toulon est extrêmement morcelé. Bien des *bastides* qui y sont installées, et dont les clôtures et les cultures sont, soit dit en passant, une sérieuse gêne pour l'étude du terrain, ont donné lieu au creusage d'un puits. Plusieurs de ces sondages nous ont permis, grâce à l'obligeance des propriétaires, de recueillir de précieux renseignements sur la nature du sous-sol dissimulé sous la terre végétale.

En particulier, au point où nous en sommes arrivé, un puits, percé dans les phyllades sur une dizaine de mètres, est arrivé dans des masses noires charbonneuses évidemment houillères. Là donc, au voisinage immédiat de la limite des phyllades et du Muschelkalk, la présence du houiller renversé sous les schistes est prouvée d'une façon certaine (Pl. I, coupe n° III).

La faille traverse ensuite le chemin dit des Améniers, près du col de la Serinette, et subit là une nouvelle inflexion qui lui donne la direction de l'Est. La coupe reste à peu près la même : le Muschelkalk repose au Nord sur le grès bigarré et vient disparaître au Sud au contact des phyllades.

A l'Est de la hauteur que couronne la campagne Fabry, au voisinage de laquelle des travaux de mine ont été autrefois entrepris sans succès pour l'exploitation d'un filon de pyrite et de cuivre gris avec quartz dans les phyllades, le Muschelkalk disparaît, et avec ce témoin solide se cache aussi la limite des phyllades qui butent là, au milieu des terres cultivées, contre les couches du grès bigarré (Pl. I, coupe n° V, partie Sud).

La réapparition du calcaire conchylien motive une nouvelle ondulation dans laquelle on observe toujours la même coupe, avec ce trait spécial, cependant, que tout le sommet de la colline est formé de phyllades qui descendent au Nord jusqu'à mi-côte à peu près (Pl. I, coupe n° IV, partie Nord).

Le terrain se rabaisse vers l'Est pour laisser passer le chemin du Pont de Suve, sur le trajet duquel le Muschelkalk se voit encore, pour disparaître à nouveau momentanément vers l'Est et se montrer enfin en un affleurement de très grande importance au milieu duquel les phyllades paraissent venir se terminer par un cap élevé regardant l'Orient.

Mais si l'on examine de près le sol de la région cultivée qui se trouve à l'Est du monticule dont nous venons de parler, et dans laquelle tous les affleurements visibles appartiennent au Muschelkalk, on voit que suivant la direction qui mène à l'anse située au Nord du fort de Ste-Marguerite, les cailloux qui jonchent le sol

sont en grande majorité formés de quartz en fragments anguleux, le calcaire figurant en très faible quantité parmi eux, tandis qu'à droite et à gauche de cette direction le calcaire domine et même se montre seul. On peut déduire de ce fait la très probable prolongation de l'affleurement des phyllades suivant cette direction, et considérer cette prolongation comme d'autant plus certaine que l'on aboutit ainsi à la petite bande de schistes en place dont le prolongement évident, qui passe au-dessus du tunnel du Pont de la Clue, a pu être reconnu, d'une façon certaine, comme formant une masse de recouvrement.

En approchant de l'anse de Sainte-Marguerite, les cailloux de quartz sont entourés de terre rouge, puis, au voisinage des schistes qui affleurent dans le petit chemin de descente à la mer, on voit des fragments importants de marnes rouges et de grès qui appartiennent au Permien ou au grès bigarré (Pl. I, coupe n° VI). Ces lambeaux sont sans doute les vestiges des couches renversées du flanc médian du pli, dont on peut, un peu plus loin, ainsi que nous avons pu le constater avec M. M. Bertrand, voir la place dans une coupe très nette, au-dessus des rochers de Muschelkalk que la mer baigne au pied de la propriété Tassy (Pl. I, coupe n° XI).

Ces mêmes grès se continuent, d'ailleurs, à côté des phyllades dans la propriété d'Audiffret dite « La Germaine » et disparaissent avec eux quand on arrive à la colline de Muschelkalk située à l'Est de la maison d'habitation (Pl. I, coupe n° VII).

L'interruption de la bande formée par les schistes quartzeux est de peu de durée, on les retrouve en effet à moins d'un kilomètre dans l'Est, à l'extrémité orientale de la belle plage du quartier dit « le Pin de Galle ».

Les phyllades sont là en contact avec le Muschelkalk d'abord, puis avec les poudingues à éléments quartzeux roulés du grès bigarré. En suivant la limite Nord de l'affleurement, on voit un peu plus loin quelques bancs bien en place de Muschelkalk réapparaître le long de la faille, qui disparaît, au Pradet même, dans les alluvions de la plaine de la Garde.

La ligne de discontinuité reparaît au Nord-Est du petit monticule de l'Artaude, et se montre jalonnée là encore par du Muschelkalk peu incliné (Pl. I, coupe n° VIII), puis elle se recourbe brusquement et prend la direction du Sud-Ouest, formant sur une longueur importante la limite du grès bigarré et des phyllades, et s'infléchissant encore graduellement jusqu'à devenir Est-Ouest; elle remonte même ensuite un peu vers le Nord, en suivant la direction moyenne du

rivage. Deux caps successifs s'avancent dans la mer, séparés par la pittoresque calanque de Bonnette, creusée dans les phyllades. Le premier est formé de grès bigarré pendant d'une façon très accentuée vers le Nord (Pl. I, coupe n° IX), le second est constitué par du Conchylien dont les couches forment un dôme à inclinaison générale peu marquée (Pl. I, coupe n° X).

La faille plonge ensuite dans la mer, mais sa direction prolongée va rencontrer à peu de distance la ligne de discontinuité du Pin de Galle, et le contour fermé ainsi dessiné montre une pointe tendant à peu près vers l'extrémité de la bande de la Germaine.

Nous sommes conduit ainsi, par continuité, à poursuivre notre examen en suivant la limite sud de la bande de schistes de la propriété d'Audiffret, de l'affleurement de l'anse de Ste-Marguerite, et par conséquent de la zone de phyllades dont nous connaissons déjà la bordure septentrionale.

Nous retrouvons là, au-dessus du tunnel du Pont de la Clue, la coupe dont nous avons donné la description dans notre communication à l'Académie des Sciences, ainsi que nous l'avons rappelé plus haut, et qui comprend, au-dessus du Muschelkalk, une mince couche des grès et argiles rouges du Permien, puis des quartzites qui montrent par leur position en dessous des phyllades le renversement de la série. Un cortège analogue, quoique moins net, accompagne au Sud la bande de phyllades de l'anse de Ste-Marguerite, puis disparaît et laisse les schistes en contact avec le Muschelkalk (Pl. I, coupes n° VII et n° XI). La ligne de discontinuité que trace cette limite, en sortant du beau bois de pins de Ste-Marguerite, va traverser, au milieu de terrains cultivés, la route de Toulon, et vient enfin s'enfoncer dans la mer à l'Est de la charmante calanque de Magaud. Là un trait spécial vient encore accentuer l'amplitude de la faille et montrer très nettement la position normale du Trias; c'est l'apparition d'un affleurement important de gypse qui décèle d'une façon certaine les marnes irisées entre le Muschelkalk et les phyllades (Pl. I, coupe n° XII).

L'enfoncement de la faille dans la mer est de peu de durée, elle reparaît en effet à l'extrémité Ouest de l'anse de Magaud, dans laquelle, d'ailleurs, les rochers calcaires dits les « Ilettes » forment un trait d'union entre les deux caps conchyliens qui la limitent. On retrouve là le Muschelkalk formant falaise vers la mer, et derrière lui, s'élevant en pente assez raide, les phyllades. Le contact est intéressant à étudier, on y trouve en effet, avec des fragments de gypse appartenant aux marnes irisées, des débris de grès évidemment

permiens, et même quelques poudingues avec lits noirâtres probablement houillers (Pl. I, coupe n° IV, partie Sud).

Le Muschelkalk de cette région, depuis Ste-Marguerite, où il forme de hautes falaises, jusqu'au point où nous sommes parvenu, est, ou bien horizontal, ou bien plongeant modérément vers le Nord. Dans les falaises de Ste-Marguerite, quelques plissements assez énergiques peuvent y être observés, plus loin ils s'atténuent et les couches deviennent très régulières.

Le golfe du Port-Méjean, qui s'ouvre à l'Ouest de la calanque de Magaud, en reproduit en grand la disposition : le fond de l'anse est formé par les schistes, et les deux caps sont constitués par du Muschelkalk. Le cap de l'Ouest est appelé le Cap Brun, il montre, comme son analogue de l'Est, le Muschelkalk plongeant vers le Nord et dominé de ce côté par l'imposante hauteur composée de phyllades qui supporte le fort du Cap-Brun. Les rochers du cap inférieur sont, comme le sommet, garnis d'ouvrages de fortification ; le chemin qui longe les batteries montre des masses de phyllades bien en place dans le talus Nord du chemin, de ce côté en déblai ; au contraire, du côté Sud, la batterie est en remblai au-dessus de bancs de Muschelkalk, qui paraissent presque horizontaux (Pl. I, coupe n° XIII, vues du Cap-Brun du Sud et de l'Ouest).

En continuant à marcher vers l'Ouest, on voit à nouveau la ligne de discontinuité se perdre dans la mer, et la côte redevient extrêmement boisée et pittoresque, caractère qu'elle doit à ce que les falaises qui la constituent, les rochers aux formes bizarres qui s'avancent dans la mer sont composés de phyllades et de quartzites.

Pour retrouver la faille il faut franchir la belle rade foraine des Vignettes qui s'étend devant le faubourg du Mourillon, passer devant le cap de la Grosse Tour qui limite à l'Est la rade militaire de Toulon, en traverser la passe d'entrée, et aborder enfin à la pointe dite de Balaguier, où le Muschelkalk reparaît sous forme d'une haute falaise, fidèlement suivi par les phyllades qui constituent le cap de l'Eguillette, situé à moins d'un kilomètre au Nord de Balaguier (Pl. I, coupe n° XIV).

Le contact des deux formations est peu visible, mais ce que l'on peut facilement constater, c'est que les bancs du Muschelkalk conservent leur pendage vers le Nord, de même qu'au cap Brun et à Sainte-Marguerite.

En avançant vers l'Ouest, la difficulté d'observation continue : on voit le Conchylien au bord de la mer, on constate que les phyllades forment la crête, mais sur le versant du coteau, que couvrent les

luxueuses villas et les magnifiques jardins de Tamaris, et en particulier la spendide résidence du créateur de cette ravissante station, M. Michel Pacha, on ne peut voir aucun affleurement en place.

Il en est tout autrement un peu plus encore vers l'Ouest, grâce aux déblais effectués pour la route de Tamaris à la Seyne (Pl. I, coupe n° XV). On peut voir en effet, à peu de distance de la villa qui a été illustrée par le séjour de Georges Sand, les bancs calcaires du Muschelkalk, surmontant régulièrement le grès bigarré, disparaître au contact des phyllades en conservant une horizontalité presque parfaite. Au contact, des sédiments gréseux rouges affleurent très nettement et appartiennent sans doute au Permien.

Le même phénomène, sauf la présence du Permien, se continue vers l'Ouest, et on peut observer dans les carrières dites de l'Evesca un nouvel exemple de la disparition des bancs horizontaux du Conchylien au pied d'une colline de schistes.

On voit ensuite le Muschelkalk céder la place, au pied des collines de phyllades, au grès bigarré, puis au Permien, et la ligne de discontinuité est de nouveau oblitérée par les éboulis et les cultures. La grande masse d'alluvions qui remplit la vallée de Pas-de-Loup vient enfin interrompre la faille.

Ce n'est plus vers l'Ouest qu'il faut en chercher la continuation; on se trouve en présence, en effet, de ce côté, d'affleurements uniquement constitués par des phyllades.

L'examen de la carte montre d'ailleurs que le prolongement de la limite des phyllades et du Permien se trouve à l'Est du chemin de la Seyne à Notre-Dame de la Garde.

L'étude minutieuse de cette dernière partie du contour si compliqué de la formation schisteuse est extrêmement intéressante. Si en effet, à partir du chemin précité, on suit la ligne dont nous venons de parler, on la voit contourner la hauteur du « pin d'Août » en décrivant à peu près, surtout à mesure qu'elle se rapproche du col des Gabrielles, une horizontale du terrain, de sorte que la base du monticule est formée de grès et de marnes rouges, tandis que le sommet est constitué par des phyllades (Pl. I, coupe n° XVI).

Au col, la limite se recourbe brusquement vers l'Est, suit le flanc du contrefort de la montagne de Sicié qui porte la batterie de Peyras, et va de là se perdre dans la mer au milieu de falaises abruptes.

Les grès et schistes rouges présentent, d'autre part, des particularités remarquables et qui nous paraissent jeter un jour très net sur la question que nous étudions.

En effet, le pendage des couches de grès est, dans la hauteur du pin d'Août, vers l'Ouest, et il se montre très régulier vers le Sud quand on remonte le frais vallon affluent du ravin des Gabrielles, dans lequel passe le sentier de la batterie de Peyras.

De plus, à mi-hauteur du monticule du pin d'Août, et suivant une ligne d'affleurement qui va ensuite former la crête qui aboutit à la pointe des Baux-Rouges, on peut constater la présence des bancs caractéristiques de poudingue quartzeux à cailloux roulés, qui permettent de reconnaître le grès bigarré.

Au-dessus comme au-dessous de ces couches spéciales, la nature du terrain semble la même et se compose de grès et d'argiles rouges comme ceux qui constituent le Permien de la région.

La falaise dans laquelle la limite des phyllades descend vers la mer est très abrupte et d'une exploration difficile, même périlleuse. Nous avons préféré la visiter en bateau et il a été facile d'observer alors que la pente raide qui aboutit à la côte et qui est couronnée par des phyllades bien en place, formant une sorte de corniche légèrement saillante, laisse apercevoir, au milieu des éboulis schisteux et quartzeux, les couches rouges du Permien ou du grès bigarré.

On voit en même temps très nettement, de la mer, que la couche dure et blanchâtre du poudingue de grès bigarré plonge vers le Sud (Pl. I, coupe n° XVII, vue des pentes abruptes au Sud des Baux Rouges).

Tels sont les faits observés; nous avons tenu à ne les accompagner de réflexions théoriques que lorsque, comme au tunnel du Pont de la Clue, la certitude la plus absolue nous a permis de parler de la position anormale des phyllades et de l'existence, entre eux et le Muschelkalk, de couches appartenant à coup sûr au flanc étiré du pli.

Dans toutes les autres occasions, nous nous sommes borné à l'énoncé pur et simple des constatations faites sur le terrain.

Si nous l'avons fait ainsi, c'est que l'interprétation des faits nous paraissait inutile, c'est que ces faits parlent eux-mêmes et que la seule conclusion à laquelle on puisse arriver, après cette promenade un peu longue et relativement monotone, consiste à admettre que l'ensemble des phyllades des environs de Toulon, et avec eux le Permien inférieur de Six-Fours et le terrain houiller du fort Lamalgue, constitue, au nord d'une ligne Est-Ouest voisine de la projection de la crête de Sicié, une masse de recouvrement superposée au Trias et au Permien supérieur.

La disposition en synclinal, à axe horizontal ou à peu près, est en effet évidente en tous les points du contour des phyllades et des couches immédiatement supérieures qui les accompagnent ; nous n'avons pas à insister sur ce fait que M. M. Bertrand faisait d'ailleurs remarquer, ainsi que nous l'avons dit plus haut, dans la note explicative de la feuille de Toulon.

Et dès lors, la seule hypothèse qui pourrait être avancée serait l'existence de plis couchés, suivant à une certaine distance en arrière la limite que nous avons parcourue et en reproduisant l'allure sinueuse par des raccordements entre plis de sens contraire ou de même sens.

Mais cette hypothèse est nettement contredite par l'existence de la masse du Pradet, dont il paraît absolument impossible de faire une sorte de champignon constitué par un pli couché vers l'extérieur de cet îlot.

Au contraire, la supposition d'un grand débordement des phyllades sur les couches triasiques ne peut soulever aucune objection ; elle explique sans difficulté tous les détails si divers des phénomènes que nous avons décrits, elle justifie enfin un fait qui paraîtrait autrement bien anormal, c'est la limitation au monticule du Nord de Six-Fours des couches permiennes inférieures, à la basse vallée de l'Eygoutier des couches houillères. Dans l'hypothèse d'un recouvrement, au contraire, rien de plus naturel que cette limitation du gisement de ces dépôts aux seuls points du voisinage de Toulon où l'on peut observer en place les couches immédiatement supérieures aux phyllades.

Les conclusions de la note insérée aux comptes rendus de l'Académie des Sciences se trouvent ainsi pleinement justifiées, les terrains en superposition anormale étant en continuité visible avec le massif de Sicié, et leur liaison avec ceux de la presqu'île de Giens ne pouvant faire aucun doute. Un grand pli couché vers le Nord, avec trajet horizontal de plus de cinq kilomètres, s'est donc étendu dans la région, où nous n'en retrouvons plus que les témoins.

L'ordre de disposition des terrains aux abords de la ligne de discontinuité vient de permettre de conclure, sans hésitation, il nous semble, à l'existence d'une masse de recouvrement. Il est un autre trait commun des nombreuses coupes passées en revue que nous devons mettre en lumière, d'abord parce que nous tenons à lever une objection qui peut en découler, et qui nous a conduit nous-même à des hésitations graves, mais surtout parce que l'explication de cette particularité entraîne à des conséquences qui nous paraissent d'un grand intérêt.

Nous voulons parler de ce fait que la surface de discontinuité séparant la masse de recouvrement du substratum se montre dans toutes les coupes assez inclinée sur l'horizontale, quelquefois relevée presque verticalement, et possède par suite une pente bien différente de celle qu'elle devrait avoir si elle était restée ce qu'elle a été aussitôt après le phénomène grandiose qui lui a donné naissance.

On conçoit que cette allure de la surface de glissement ait pu faire songer à l'existence de failles ordinaires pour expliquer les anomalies de la région, et qu'il ait été nécessaire de faire ressortir toutes les impossibilités d'une telle interprétation, d'accumuler les preuves en faveur d'une autre explication, pour combattre les doutes qui s'étaient ainsi élevés.

Si l'on étudie d'ailleurs de plus près l'inclinaison de la surface de discontinuité, on peut constater :

1° Que cette inclinaison est de même sens que le pendage des couches de substratum.

2° Et que ce pendage est toujours vers le Sud sur les limites septentrionales de la masse de recouvrement, vers le Nord sur les limites méridionales.

L'ensemble de ces constatations permet alors de reconnaître que les modifications d'inclinaison de cette surface se coordonnent très nettement pour montrer que des plissements secondaires l'ont disloquée, et que le phénomène de pincement des phyllades en recouvrement dans un pli du Muschelkalk et du grès bigarré, observé à Sainte-Marguerite, est ainsi susceptible d'une remarquable généralisation.

On voit de cette façon se dessiner deux synclinaux grossièrement parallèles, correspondant aux deux caps regardant l'Est que présente le contour de la masse de recouvrement.

Ces synclinaux sont naturellement accompagnés d'anticlinaux limitrophes, dont l'un, le plus méridional et aussi le plus important, justifie l'existence de la chaîne bien caractérisée par les hauteurs de St-Elme, le Lazaret, et la Croix des Signaux, se prolongeant encore au-delà de la mer par la colline Noire. Les pendages des couches, dans cette chaîne, dessinent nettement l'allure de ce pli.

Un deuxième anticlinal est bien indiqué par la sinuosité des affleurements dans la région des Améniers et par l'existence de la hauteur de Ste-Musse.

Le flanc sud d'un dernier pli de même nature est enfin marqué par le pendage du Trias de la chapelle de Pépiole et du pont de l'Eygoutier (Pl. I, coupes n° XVIII et XIX).

Il ressort de ce que nous venons de dire une analogie bien frappante entre la région de Toulon et celle du Beausset, où l'on trouve de même une grande masse de recouvrement ayant été l'objet de plissements secondaires dont le plus méridional est le plus important, ainsi que l'a montré dans une note récente M. M. Bertrand (1).

L'anticlinal de la presqu'île de Cépet serait ainsi l'analogue de celui du Gros-Cerveau, et les plis des Améniers et de la limite Nord correspondraient aux rides dont l'ilot de recouvrement du Beausset montre les traces.

Cette analogie de constitution de deux régions aussi voisines nous paraît permettre, en l'absence de caractères précis pouvant déterminer l'âge des deux dislocations du voisinage de Toulon, d'émettre l'hypothèse très probable que les phénomènes de recouvrement d'abord, puis les plissements secondaires qui se correspondent si bien les uns aux autres ont été contemporains.

Les plis qui viennent d'être décrits ne paraissent pas être les seuls accidents qui aient modifié la position originelle de la surface de discontinuité et des autres éléments du pli couché.

On peut en effet remarquer sur la carte que le synclinal de Sainte-Marguerite, qui se continue certainement, en s'élargissant, suivant l'axe de l'îlot du Pradet, présente un peu à l'Est du tunnel du Pont de la Clue une portion dans laquelle les phyllades n'ont pas résisté aux érosions.

Nous pensons que cette particularité a été causée par un pli secondaire, à peu près N.-S., dont l'action a troublé la continuité du synclinal auquel il est à peu près perpendiculaire et en a modifié localement l'amplitude et l'ouverture de façon à l'annuler même sur une certaine longueur.

Ce pli est bien dessiné sur le terrain par l'exhaussement du Muschelkalk du monticule situé à l'Est de la Germaine ; son flanc occidental est d'ailleurs accidenté par une faille très apparente, que jalonne une falaise assez accentuée qui descend jusqu'à la mer.

C'est contre cette faille que vient s'arrêter la petite bande de phyllades de Sainte-Marguerite. On conçoit facilement que l'érosion n'ait pas respecté les schistes surélevés par la faille, et qu'il soit nécessaire d'avancer vers l'Est jusqu'au point où le synclinal s'accentue de nouveau pour retrouver la masse de recouvrement en place.

La constitution des environs de Toulon, telle qu'elle vient d'être décrite, est un premier jalon qui permettra sans doute de préciser

(1) *B. S. G. F.*, 3e série, T. XIX, p. 1096.

la structure de la région qui s'étend vers l'Est et d'en arriver ensuite à connaître avec plus d'exactitude la tectonique du massif des Maures.

L'étude à faire ainsi est rendue difficile par la réduction du nombre des termes de la série géologique qui ont pris part aux mouvements, et aussi par l'extension des alluvions dans la plaine d'Hyères et la vallée du Réal-Martin. Elle promet cependant d'offrir un grand intérêt, si l'on en juge par les complications que montre la répartition topographique des terrains et des reliefs, et aussi par les caractères que paraît présenter la situation du Permien dans la grande vallée de Collobrières et dans les dépressions analogues, quoique de moins d'importance, qui se trouvent au Sud, ainsi que le long de la faille qui limite le massif des Maures vers le Nord. Nous nous bornerons à indiquer, à ce sujet, que l'on peut constater que le mouvement de chevauchement vers le Nord s'étend très loin de Toulon, car dans l'un des rares points où l'abondance des éboulis sur les pentes ravinées du Permien permet d'observer le contact de ce dernier terrain avec le massif cristallophyllien, une tranchée de la route de Gonfaron à Collobrières montre que ce contact a lieu par une surface de discontinuité présentant un pendage de 45° environ vers le Sud, et suivant laquelle, par suite, les phyllades débordent largement sur les couches permiennes.

RECHERCHES SUR LE LEPIDODENDRON SELAGINOIDES, STERNB. (1),

par M. Maurice HOVELACQUE.

Le travail que nous avons l'honneur d'offrir à la Société géologique de France a été imprimé dans les *Mémoires de la Société Linnéenne de Normandie*, qui avaient cessé de paraître depuis 1872, et dont la publication vient d'être reprise. Cette étude anatomique comprend la description de douze spécimens, pris parmi les nombreux échantillons que nous avons entre les mains et qui proviennent du Houiller inférieur d'Angleterre et de Westphalie. Après avoir consacré un chapitre spécial à la Bibliographie, nous donnons une description anatomique nouvelle d'un spécimen de *Lepidodendron selaginoides*, que nous choisissons pour type. Nous consacrons ensuite des paragraphes spéciaux à la trace foliaire et au coussinet foliaire. Puis nous étudions comparativement les diverses sections qui font l'objet de ce mémoire. Nous terminons par une série de conclusions, dont nous voulons signaler à la Société les plus importantes, dans ce court aperçu.

La région axiale du bois primaire, composée d'un mélange de vaisseaux scalariformes, de cellules ligneuses réticulées et de fibres primitives recloisonnées, ne doit pas être regardée comme un tissu médullaire, mais bien comme une portion de la masse ligneuse primaire, que l'on pourrait comparer au tissu central des faisceaux multipolaires larges. La couronne vasculaire, formée uniquement de vaisseaux scalariformes, réunit la région axiale précédente à la zone des bandes et pointements trachéens. Celle-ci se compose de massifs de petits vaisseaux rayés et de trachées, plus ou moins saillants, dispersés à la périphérie du bois primaire? Ces massifs trachéens ne sont que les sections transversales des traces foliaires coupées à diverses hauteurs de leur course. Nous avons constaté qu'il y a alternance entre les bandes et pointements trachéens et que leur nombre est double de celui des hélices foliaires. Cette disposition est en rapport avec celle des coussinets foliaires

(1) Communication faite dans la séance du 23 janvier; manuscrit remis le même jour; épreuves corrigées par l'auteur parvenues au secrétariat, le 28 juin 1893.

à la surface du stipe. Tout cet ensemble de tissus représente la masse ligneuse primaire, dont le sens de la différenciation est centripète et dont la majeure partie forme la masse réparatrice, les bandes et pointements trachéens ne représentant que la portion sortante.

Le liber du stipe de *Lepidodendron selaginoides,* rarement conservé dans toute son étendue, est remarquable par sa grande différenciation. Le tissu grillagé, en effet, est formé par des massifs de très grosses cellules grillagées, disposées en séries radiales et tangentielles et séparées par de petits éléments parenchymateux, rangés, eux aussi, radialement et tangentiellement. Ces massifs grillagés sont rarement conservés. Au contraire, le tissu libérien parenchymateux se voit presque toujours et se compose d'une zone interne et d'une zone externe, ou péricambiale, dont les éléments sont disposés en séries concentriques. Ces deux zones sont réunies par des piliers obliques, séparant les massifs grillagés les uns des autres, qui ont, sur une section transversale, l'aspect de trabécules radiaux et qui sont parcourus par les traces foliaires. Celles-ci, réduites à leur portion ligneuse dans la partie interne du liber, deviennent libéro-ligneuses dans la zone péricambiale, par suite de la différenciation en un petit îlot grillagé de la partie du liber située au dos de la trace foliaire.

L'écorce qui entoure le système libéro-ligneux est très épaisse. La seule particularité à signaler est la différenciation de la partie de la zone moyenne de l'écorce interne, située au dos des traces foliaires qui la traversent. Il se forme, de la sorte, un tissu spécial, ou parichnos, que M. Bertrand a déjà rencontré chez le *Lepidodendron Harcourtii* et qui accompagne la trace foliaire jusque dans la feuille.

Les coussinets rencontrés par une coupe transversale peuvent se diviser en deux séries alternant entre elles. Ceux de la première série ont une grande section ; ils sont coupés vers leur milieu et situés sur le trajet des hélices foliaires qui partent des pointements trachéens. Les coussinets de la seconde série ont une petite section et sont coupés vers leurs extrémités ; ils correspondent aux bandes trachéennes. La disposition des coussinets est donc exactement la même que celle des bandes et pointements trachéens. On voit aussi que le nombre des coussinets, rencontrés sur une section transversale, est double de celui des hélices foliaires suivant lesquelles sont disposées les traces foliaires.

Outre ces tissus primaires, le stipe du *Lepidodendron selaginoides*

présente des productions secondaires. C'est d'abord du bois secondaire formé par une zone cambiale, qui apparaît entre le bois primaire et le liber, en un point d'où cette formation s'étend peu à peu de chaque côté. Ce bois secondaire, absolument indépendant du bois primaire, se montre tantôt sous forme d'un arc plus ou moins étendu, tantôt sous forme d'un anneau complet,souvent plus épais au point où il a apparu en premier lieu. Sa croissance est centrifuge. L'étude du bois secondaire prouve qu'il s'est formé très rapidement et que les rameaux qui nous occupent ont été fossilisés pendant une période de ralentissement dans la végétation.

Le second tissu secondaire est un liège qui se montre de très bonne heure, avant le bois secondaire, et qui se développe entre l'écorce moyenne et la zone des coussinets. Ce liège apparaît d'abord par places, en face des coussinets. Il se forme donc, au début, des arcs isolés qui, s'étendant peu à peu à droite et à gauche, déterminent un anneau continu. Celui-ci se développe aux dépens de l'écorce moyenne qui diminue d'épaisseur à mesure que le liège augmente. La croissance du liège est centripète. Quand le liège est fort épais, on y distingue plusieurs zones dont certaines, formées à des périodes de ralentissement dans la végétation et caractérisées par des éléments plus petits, constituent des zones de moindre résistance, suivant lesquelles pouvaient se produire des décortications.

La trace foliaire débute par une bande tangentielle qui prend naissance à la droite d'un pointement trachéen saillant. Peu à peu, elle s'individualise, augmente d'importance et fait de plus en plus saillie. Arrivée à cet état, la bande, devenue pointement, émet à son tour, à sa droite, une expansion latérale, ou nouvelle bande trachéenne. Quand la trace foliaire se détache de la masse ligneuse primaire, elle traverse horizontalement la zone ligneuse secondaire et pénètre dans le liber, où elle circule presque verticalement, tout en se rapprochant insensiblement de la zone péricambiale. Dans la région intérieure du liber, la trace foliaire est réduite à sa portion ligneuse ; ce n'est que près de la zone péricambiale qu'elle devient libéro-ligneuse par différenciation du liber, situé au dos du massif ligneux. En pénétrant dans l'écorce, la gaine casparyenne entoure la trace foliaire, qui s'incurve de plus en plus, jusqu'à devenir presque horizontale dans l'écorce moyenne, le liège et la zone des coussinets. La zone moyenne de l'écorce interne se différencie au dos de la trace foliaire et fournit le parichnos qui l'accompagne jusque dans la feuille. Ce parichnos, séparé des autres tissus corticaux par une assise de contact souvent plus visible que la gaine

casparyenne, s'étale en se rapprochant de la surface et se bifurque en deux lobes qui vont aboutir, sur la cicatrice foliaire, aux deux cicatricules en parenthèses, situées à droite et à gauche de la cicatricule libéro-ligneuse.

Prise dans son ensemble, la trace foliaire du *Lepidodendron selaginoides* présente un assez grand degré de polarisation. Ainsi, en allant du centre à la périphérie, nous trouvons d'abord la portion ligneuse de la trace foliaire, puis sa portion libérienne et enfin le parichnos. En ne considérant même que le bois, les trachées sont localisées en avant et sur les côtés, tandis que les vaisseaux rayés et scalariformes sont situés en arrière. Malgré cette constatation, nous pensons que cette masse foliaire est encore une masse ligneuse indéterminée qui présente toutefois une tendance indiscutable vers le faisceau unipolaire à différenciation unilatérale. Nous n'avons pas observé de bois secondaire dans la trace foliaire du *Lepidodendron selaginoides.*

Le nombre des traces foliaires que l'on rencontre sur une même section transversale est variable et en rapport direct avec le calibre du rameau. Toutes ces traces sont distribuées suivant des hélices dextres. Il y a cinq traces par hélice : la première forme le pointement trachéen ; la seconde et la troisième sont situées dans le liber ; la quatrième dans l'écorce interne ; et la cinquième soit dans l'écorce moyenne, soit dans le liège, soit dans la zone des coussinets.

Nous ne reviendrons pas ici sur la forme des coussinets foliaires que nous avons indiquée précédemment, dans le *Compte-rendu sommaire n° 18* de la séance du 7 décembre 1891, p. 3. Nous ne dirons quelques mots que de leur structure. Le coussinet est formé par un parenchyme fondamental très épais, que limite extérieurement (sauf sur la cicatrice foliaire), un épiderme souvent renforcé par du liège. Au milieu de ce parenchyme se montre la trace foliaire, accompagnée, en arrière, de deux lobes de parichnos. En avant de la partie ligneuse, on voit que les fibres primitives antérieures deviennent plus nombreuses et forment bientôt une plage de petits éléments constituant le tissu diaphragmatique d'insertion de la ligule. Ce tissu s'écarte peu à peu de la trace foliaire et aboutit à la base de la chambre ligulaire. C'est sur lui que s'appuie la ligule. Celle-ci est souvent adhérente plus longtemps à la paroi postérieure de la chambre qu'à sa paroi antérieure. La ligule est uniquement formée de parenchyme, recouvert d'une couche épidermique ; il n'y a pas trace de faisceau. La ligule n'est complète-

ment libre que sur une très petite étendue et ne fait ordinairement pas saillie au dehors de la chambre ligulaire ; elle a la forme d'une pyramide triangulaire à angles et à sommet émoussés.

Nous nous sommes préoccupés de savoir quelles étaient la valeur et la signification morphologique du stipe de *Lepidodendron selaginoides*. C'est un axe dont le système libéro-ligneux ne peut être assimilé, ni à un assemblage de faisceaux diploxylés se touchant latéralement, ni à un faisceau multipolaire large, mais doit être regardé comme une masse libéro-ligneuse radiée, c'est-à-dire comme un système de faisceaux bipolaires, ayant tous même centre de figure. Le *Lepidodendron selaginoides* est donc une plante cryptogame vasculaire centradesmide.

Notre travail est illustré d'une cinquantaine de gravures intercalées dans le texte et de sept planches en phototypie, exécutées directement d'après des clichés de microphotographie.

LETTRE ADRESSÉE A M. BERGERON PAR M. DE ROUVILLE ET COMMUNIQUÉE PAR L'AUTEUR AU SECRÉTAIRE DE LA SOCIÉTÉ (1).

Monsieur et honoré Confrère,

La région de Cabrières est un point si *singulier* de notre géologie française, qu'on ne saurait trop applaudir à tous les efforts qui ont pour but d'en épuiser l'intérêt; à ce titre, vos savants travaux ne sauraient être trop favorablement accueillis; de votre côté, votre haut esprit d'équité a bien voulu rendre, hier et aujourd'hui encore, pleine justice aux recherches faites par d'autres; vos récentes « Contributions à l'étude géologique du Rouergue et de la Montagne Noire » (2) font augurer un prochain accord entre les diverses observations, sur des questions jusqu'ici bien douteuses et bien contestées; le redressement des erreurs de part et d'autre, sous l'inspiration de sentiments communs de sincérité et de compatibilité scientifique, prépare la levée d'un jour lumineux sur toutes ces obscurités; permettez-moi de saluer cette ère prochaine d'un parfait accord en me félicitant tout particulièrement de votre conversion à ma conception première du pli de Bissou. Je ne saurais recevoir une confirmation plus entière et plus flatteuse que celle que je trouve page 260 de vos « contributions »; elle me paraît être la légende très complaisamment explicite de la figure 2 de la planche V de ma monographie géologique de la commune de Cabrières (1887).

Je ne dirai rien de nos opinions communes sur le Permien de l'Hérault rapporté par moi, dès les premiers jours, au Rothliegende des Allemands, au sein duquel la dénomination d'*Autunien* ne crée pas une entité nouvelle.

J'abandonne toute question mesquine de priorité, pour me borner ici à exprimer la satisfaction que me donne notre entente chaque jour plus accentuée, sur une économie géologique, dont votre découverte de la faune première a consacré à jamais l'importance et l'intérêt.

Veuillez agréer l'assurance de ma considération très distinguée.

P. DE ROUVILLE.

(1) Cette lettre a été lue dans la séance du 20 février 1893.
(2) *B. S. G. F.*, 3e sér., t. XX, n° 4, p. 248.

SUR LE TERTIAIRE SUPÉRIEUR DE L'ALGÉRIE,

Réponse à la note de M. POMEL,

par M. PERON (1).

Le dernier numéro du Bulletin de la Société contient une note de M. Pomel sur la classification des terrains miocènes de l'Algérie et une réponse aux observations critiques que, de concert avec mes collaborateurs MM. Cotteau et Gauthier, j'ai dû formuler au sujet de cette classification dans notre dixième fascicule de la Description des Echinides fossiles de l'Algérie.

Je ne suis pas de ceux qui redoutent la discussion de leurs idées. Au contraire je l'ai toujours recherchée, convaincu qu'elle est le stimulant le plus énergique. Aussi suis-je très disposé à poursuivre l'examen des faits contradictoirement avec M. Pomel en y mettant toute la courtoisie due à un aîné dans la science et à un savant à l'autorité duquel je tiens à rendre justice.

Malheureusement, sous la plume de notre honorable confrère, la discussion a pris une tournure tellement agressive qu'il devient bien difficile de la continuer sans céder à quelques velléités de représailles. Je dois l'essayer cependant, car je ne puis laisser sans réponse certains arguments qui intéressent le fond de la question, mais je le ferai en négligeant toutes les personnalités qui, dans la note de M. Pomel, s'appliquent à moi-même ou à ceux de nos confrères qui n'ont pas accepté ses idées.

M. Pomel me reproche de me poser en réformateur. Ce reproche est au moins inattendu de sa part, car je n'ai guère fait que revenir aux classifications adoptées pour les terrains tertiaires du Sahel par les premiers explorateurs, Renou, Ville, Nicaise, etc., tandis que c'est lui au contraire qui, réformant les idées émises par ses devanciers, leur a substitué une classification toute personnelle, une terminologie spéciale, une méthode nouvelle, etc. Mon honorable contradicteur, qui n'ignore pas que nul n'est infaillible, n'a pu espérer cependant que ces vastes remaniements ne donneraient prise à aucune critique et que son jugement était, sur tous les points, sans appel. Pour mon compte j'en ai appelé, en ce qui concerne le

(1) Communication faite dans la séance du 20 février 1893 ; manuscrit remis le 8 avril 1893 ; épreuves corrigées par l'auteur parvenues au Secrétariat, le 21 novembre.

Tertiaire supérieur. Voilà ma réforme. Il est à croire qu'il en surviendra d'autres. L'histoire géologique d'une aussi vaste contrée ne peut être faite ni en un jour ni par un seul homme.

En ce qui concerne d'abord la question de priorité pour le nom de Cartennien, je conviens volontiers que j'ai eu tort de ne pas connaître la lettre que M. Pomel a écrite à Elie de Beaumont, en 1858, et dans laquelle il applique le nom de Cartennien au terrain qui s'est déposé après la formation des montagnes du système du Tatra. L'étage auquel ce nom a été appliqué n'est pas très nettement défini, mais néanmoins, j'admettrai sans difficulté que ce nom a la priorité sur celui de Langhien.

Mais, ce point acquis au bénéfice de mon honorable contradicteur, je ne puis plus que maintenir tout ce que j'ai avancé, notamment au sujet de l'étage sahélien, objet principal de la controverse.

M. Pomel, après avoir constamment admis le parallélisme de son étage sahélien et du Tortonien des géologues italiens, semble maintenant hésiter entre ce parallélisme et le parallélisme avec l'étage messinien.

Il combat bien l'un et l'autre, mais il semble plus disposé à concéder sur ce dernier point et il fait valoir que si l'on doit accepter l'identification du Sahélien avec le Messinien de Meyer ou le Zancléen de Seguenza, comme je l'ai proposé, le nom de Sahélien, plus ancien que les deux autres, doit prévaloir.

Il y a là un malentendu. Je n'ai nullement proposé l'identification du Sahélien, comme terme général, avec le Messinien. J'ai seulement dit que certains gisements, attribués au Sahélien, me paraissaient appartenir au Messinien, mais j'ai, en même temps, exprimé cette opinion que d'autres gisements étaient du Plaisancien, de l'Astien, peut-être du Tortonien et même du Langhien.

Pourquoi donc ce nom de Sahélien resterait-il acquis de préférence aux couches que nous croyons appartenir au Messinien ? Ce ne serait, quoiqu'en dise M. Pomel, conforme ni aux lois de la logique ni aux lois de la priorité.

Il convient en effet à ce sujet de se reporter à la définition première de l'étage Sahélien.

Cette définition nous ne la trouvons pas, au moins d'une manière suffisante, dans la note originale sur le système des montagnes du Mermoucha que vient de reproduire M. Pomel, mais si nous nous reportons à un autre ouvrage du même auteur, *Le Sahara* (1), nous y lisons ce qui suit :

(1) Loc. cit., p. 44.

« J'ai donné le nom de Sahélien au troisième terrain que je » place dans la série miocène et qui répond au terrain tortonien » des géologues italiens en y comprenant le terrain plaisancien... » Il se compose d'un assemblage de couches marneuses passant » dans le haut à des mollasses et à des calcaires compactes ayant » assez souvent pour substratum des grès grossiers. Les environs » d'Alger peuvent donner une idée de sa composition, etc.... »

Ainsi donc voilà une définition, datée de 1872, qui nous montre le type du Sahélien dans les environs d'Alger et nous présente l'étage comme composé de couches appartenant aux horizons compris depuis le Tortonien jusqu'à l'Astien inclusivement (1). Est-il possible de voir dans cet ensemble l'équivalent du terrain zancléen que Seguenza venait de faire connaître quelques années auparavant? Peut-on admettre que ce terme d'étage Zancléen fut le synonyme de Sahélien et que par suite le devoir du savant italien était d'employer ce dernier nom?

Je sais bien que, une dizaine d'années plus tard, l'étage sahélien a commencé à se démembrer. Après s'être déjà débarrassé, en 1882 (2), des mollasses astiennes, il a perdu, en 1889 (3), les grès langhiens à Clypeastres d'El Biar, puis, en partie, les marnes plaisanciennes. Dans la pensée de l'auteur, l'étage devait dès lors se restreindre aux assises correspondantes aux marnes de Tortone.

Sans doute, M. Pomel a bien le droit de transformer et de restreindre l'étage qu'il avait primitivement conçu, mais ce droit peut-il aller jusqu'à prendre la place d'un autre étage bien défini, Tortonien ou Messinien, ou même des deux à la fois et de leur substituer son propre étage? Ce n'est nullement mon avis. Pour moi, le droit de priorité de M. Pomel ne peut dater que du jour où son étage Sahélien aura pris une forme définitive et une place propre et unique dans l'échelle stratigraphique.

Naturellement, mon honorable contradicteur ne partage pas cette manière de voir. Il ne paraît même pas croire qu'il puisse y avoir encore dans son étage des éléments d'âge différent, comme par exemple des lambeaux vraiment tortoniens et par suite miocènes, et des lambeaux d'âge messinien ou d'âge plaisancien et par suite pliocènes. Il formule en conséquence la conclusion suivante que je dois retenir :

(1) Il importe de faire remarquer qu'à cette époque M. Pomel n'admettait l'existence de l'Astien que dans la province d'Oran, sur les plateaux de Mostaganem, etc. (Sahara, p. 46).

(2) Texte explic. de la carte géol. prov., p. 40.

(3) Descrip. strat. gén., p. 144, 163 et suiv.

« En définitive, le Sahélien ne peut disparaître de la nomencla-
» ture s'il est vrai qu'il ne soit que l'équivalent du Messinien ou
» Zancléen, puisque ces derniers sont ses cadets de beaucoup. Il
» ne paraît pas destiné non plus à être abandonné pour la dénomi-
» nation de Tortonien tant qu'il n'aura pas été démontré que l'unité
» stratigraphique qu'il désigne n'est pas en discordance avec les
» entités paléontologiques qu'on lui compare et qu'au contraire la
» concordance est complète, ce qu'en l'état je ne puis admettre. »

Je reproduis textuellement cette conclusion, car je ne suis pas sûr d'en bien saisir la dernière partie et je ne veux pas m'exposer à dénaturer la pensée de l'auteur.

M. Pomel veut-il exprimer par là que le Sahélien pourrait bien être en discordance avec les couches d'âge tortonien? Ce serait là un fait nouveau dont il n'a jamais été question jusqu'ici et dont les preuves d'ailleurs font défaut, mais qui, en tous cas, prouverait l'âge pliocène du Sahélien. Pour mon compte, j'ai combattu l'assimilation, au Tortonien, de la plupart des gisements de terrain sahélien qui m'étaient connus, mais je n'ai pas prétendu qu'aucune assise réellement tortonienne ne pût exister dans cet ensemble. Peut-être, en effet, en est-il ainsi de ces marnes crayeuses de la vallée du Chelif, dans lesquelles M. Pomel cite comme fossiles principaux *Ancillaria glandiformis* et *Cardita Jouanneti* et qu'il a classées dans le Sahélien. Il est fort possible aussi, comme l'a publié récemment M. Welsch (1), que certaines parties de l'Helvétien de M. Pomel, notamment les couches supérieures de Mascara et d'autres gisements, soient réellement sur l'horizon des marnes de Tortone; mais je ne vois pas que ces constatations puissent donner à l'étage sahélien l'autonomie qui lui manque.

M. Pomel s'appuie principalement sur les dislocations du sol pour justifier l'individualité et l'existence de ses étages tertiaires. C'est à ce moyen, dit-il, qu'il a dû les résultats les plus prompts et les plus certains, bien faits pour inspirer la plus entière confiance en ces principes.

En ce qui concerne les formations qui nous occupent, les soulèvements de montagnes qui en ont déterminé les limites et les alignements seraient ceux du système des Baléares ou du Mermoucha, des Alpes occidentales et du Nador de Médéah et du Jamba.

Je ne partage pas complètement la confiance que M. Pomel témoigne dans cette méthode où la part d'hypothèse me paraît assez grande pour en rendre les données fort indécises. Ceux de nos

(1) *C.-R. Ac. Sc.*, 17 octobre 1892.

confrères qui ont lu la lettre sur la formation du système du Mermoucha ne me contrediront sans doute pas. Il semble d'ailleurs, à priori, qu'il y a lieu de se défier d'un *criterium* qui a entraîné notre honorable confrère à placer sur le même horizon des terrains d'âges aussi divers que ceux qui ont servi à former l'étage Sahélien.

Mais si, néanmoins, nous admettons que ce soulèvement des Baléares et du Mermoucha se soit exactement produit à l'époque et dans les conditions indiquées, rien ne prouve, dans la position stratigraphique du Sahélien d'Oran, qu'il soit *immédiatement* postérieur aux plissements de ce système. Ce Sahélien discorde avec l'Helvétien, c'est possible, mais il en est de même de tout le Pliocène et M. Pomel a même fait observer que, dans la Metidja, cette discordance se manifestait sur une échelle grandiose.

A la vérité, c'est dans la limite supérieure du Sahélien que notre confrère trouve la preuve de son âge miocène. « C'est, a-t-il dit (1), » le système des Alpes occidentales qui a clos le dépôt du Sahélien » et le plus bel exemple de ces relations stratigraphiques se montre » aux environs d'Oran, où l'on voit le vrai terrain pliocène, affecté » de dislocations du système des grandes Alpes, recouvrir en stra- » tification discordante le terrain sahélien et s'arrêter au pied des » relèvements de ce Sahélien, suivant le système des Alpes occi- » dentales. »

C'est encore sur cet argument principal que, dans sa note de ce jour, M. Pomel s'appuie pour conclure que le Sahélien et le Pliocène inférieur ne peuvent être réunis dans la même série. Le savant professeur produit même à ce sujet une coupe des environs d'Oran, dans laquelle, en effet, il représente le Pliocène inférieur venant buter contre les couches inclinées du Sahélien.

Malheureusement, cette coupe d'Oran ne paraît pas être interprétée conformément à la réalité des faits. Ces couches horizontales de grès coquilliers et de sables, dans lesquelles l'auteur voit du Pliocène inférieur, ne sont que du Pliocène supérieur, c'est-à-dire du Saharien, lequel, en effet, sur tout le littoral algérien, est toujours en discordance avec les couches sous-jacentes et même avec le Pliocène astien. Ces faits ont été mis en lumière depuis longtemps.

Les anciens auteurs, Renou, Ville, etc., ont très nettement défini ce terrain. Renou l'a appelé le second étage du terrain tertiaire supérieur. « On le voit, a-t-il dit, aux environs d'Oran recouvrant » le terrain subapennin (terrain sahélien)... Il forme corniche au

(1) Massif de Milianah, p. 78.

» haut des escarpements qui bordent la mer. Il se compose de cou-
» ches, peu éloignées de l'horizon, de calcaires sableux, très riches
» en fossiles, très solides, passant quelquefois à un grès homogène,
» qui donne de belles pierres de construction et qu'on est loin de
» prendre pour une roche si peu ancienne. »

Ville a compris ces couches dans la période quaternaire et M. Paladihle en a fait du Pleistocène.

Depuis cette époque le même terrain a été étudié et décrit très en détail : 1° dans les environs d'Oran, par M. Bleicher ; 2° dans les environs d'Alger par M. Welsch qui l'a assimilé au Pliocène supérieur de Chypre, Tarente, etc.

M. Bleicher, qui a longtemps séjourné à Oran, a suivi, jour par jour, le percement du puits Kharoubi, dont parle M. Pomel. Mieux que personne il a observé la nature et la position des couches rencontrées.

Notre confrère a eu l'obligeance de me communiquer à ce sujet des fossiles, des notes et une coupe des environs d'Oran dressée par lui-même, analogue à celle de M. Pomel, mais allant directement du puits Kharoubi au rivage ; or, de tous ces documents il résulte : 1° Que les grès coquilliers qui surmontent le Sahélien sont du Pliocène récent ; 2° Que rien n'autorise M. Pomel à voir, dans les couches à *Potamides Basteroti*, dont il parle, un dépôt de remplissage d'une poche d'érosion du Sahélien. Ni à droite, ni à gauche du puits il n'y a de Pliocène marin, et M. Bleicher ne voit aucune raison pour ne pas mettre les lignites à Potamides sur le même niveau que les grès pliocènes supérieurs. Il a trouvé dans les déblais du puits de grands blocs de grès fin, avec des coquilles, dont quelques-unes ont pu être déterminées et appartiennent au Pliocène le plus récent. Ces blocs de grès faisaient corps avec les marnes ligniteuses à Potamides et ne s'en séparaient en rien.

Quant aux fossiles de ces marnes à lignites, M. Bleicher, qui en avait recueilli une grande quantité, les a communiqués à notre regretté confrère Tournouer, si compétent dans la matière, et, de la réponse de Tournouer, que M. Bleicher a bien voulu me communiquer, je crois intéressant de reproduire le passage suivant :

« Parmi les fossiles des marnes d'Oran que vous m'avez commu-
» niqués et qui ont été décrits par M. Paladihle dans une note
» récente, mon attention a été attirée par deux espèces de Cérites
» ou plutôt de Potamides qui ont été sans doute indiqués dans cette
» note sous le nom de *Cerithium Basteroti*. Je crois pouvoir affirmer
» que ce n'est pas là le *Basteroti* du Midi de la France, ni celui de

» Montpellier, ni celui de Théziers, ni celui du Visan. C'est une » forme qui me paraît très curieuse comme offrant le passage du » *Basteroti* au *bicinctum* et au *tricinctum* de Brocchi, espèces fran- » chement pliocènes et tout aussi éteintes d'ailleurs que le *Basteroti*.

» Quant au petit Potamide joint à celui-là, je crois pouvoir le » rapporter au *Cerithium conicum* Blainv., var., espèce vivant en » Sicile, en Egypte, etc. Ces deux Potamides s'accorderaient, mieux » même que le *Basteroti*, avec les autres fossiles déterminés par » M. Paladihle pour assigner à ces marnes un âge pléistocène ou » pliocène récent. »

Pour m'entourer, au sujet de cette question, de tous les documents et témoignages utiles, j'ai soumis quelques exemplaires du Potamide d'Oran à l'examen d'un spécialiste en la matière, M. Depéret.

Notre obligeant confrère m'a fait connaître, en réponse, que les coquilles en question n'étaient, en effet, pas identiques au *P. Basteroti* du midi de la France. Mais, quoique rappelant les types *bicinctum* et *tricinctum* Broc., elles ne lui paraissent pas non plus pouvoir leur être réunies. M. Depéret préférerait encore les considérer comme une variété africaine du *Basteroti*.

Ainsi donc, des arguments tirés par M. Pomel de la coupe des terrains du plateau d'Oran, aucun ne nous paraît acceptable. Le principal, c'est-à-dire l'âge pliocène inférieur des grès qui sont en discordance avec le Sahélien, est à rejeter, car, pour tous ceux qui ont étudié la localité, ces grès sont tout au plus du Pliocène supérieur.

L'argument tiré d'une érosion des grès pliocènes, dans laquelle se serait déposée la couche à *Potamides Basteroti*, est démenti par les observations si précises et journalières de M. Bleicher lors du percement du puits Kharoubi.

Enfin, il n'est nullement établi par les faits que la formation du Sahélien soit antérieure aux ridements des Alpes occidentales. C'est principalement sur les relations de ce Sahélien et des couches considérées comme pliocènes inférieures que M. Pomel s'appuie pour proclamer cette antériorité, mais, comme nous l'avons vu, cette donnée est inexacte, et, si tant est qu'il faille faire intervenir une dislocation du sol et un système de montagnes, on pourrait, avec autant de raison, invoquer le système du Nador de Médéah que M. Pomel place entre les deux terrains pliocènes.

Au surplus, je crois très préférable de me rallier à l'opinion de M. Bleicher qui, ainsi que nous l'avons dit dans notre notice, pense

que la disposition des corniches et des lambeaux étagés formés par le Pliocène supérieur s'explique beaucoup mieux par une émersion lente et graduée que par le soulèvement des Alpes occidentales.

Après avoir essayé, par la coupe dont nous venons de parler, d'établir la situation stratigraphique de l'étage sahélien dans la série miocène, M. Pomel essaie d'appuyer cette situation par l'examen des documents paléontologiques.

Malheureusement, ces documents ne parlent guère plus en sa faveur, car les quelques espèces citées dans le Sahélien d'Oran même, comme *Pecten latissimus*, *Ostrea cochlear*, etc., ne sont rien moins que probantes.

M. Pomel mentionne bien, de part et d'autre, quelques espèces tortoniennes recueillies dans le Sahélien, notamment *Ancillaria glandiformis*, *Cardita Jouanetti*, *Ceratotrochus multispina*, mais, si nous nous reportons à toutes ses publications antérieures, nous voyons que ces fossiles ont été recueillis, non pas à Oran même, mais dans des localités assez éloignées, n'ayant avec Oran que des relations stratigraphiques assez incertaines.

En ce qui me concerne, je me suis borné, pour établir mes conclusions, à m'appuyer sur les documents paléontologiques déjà connus et publiés.

J'aurais pu sensiblement augmenter ces ressources, car, grâce aux obligeantes communications de M. le Dr Bleicher, j'ai eu entre les mains et j'ai encore une assez grande quantité de fossiles du ravin blanc d'Oran. Mais cette faune des calcaires blancs d'Oran est assez spéciale. Composée en majeure partie de petits organismes, elle est difficile à étudier et réclame l'intervention de spécialistes.

Nous avons montré dans notre fascicule que sur les nombreux échinides recueillis au ravin d'Oran, quelques-uns seulement existaient dans d'autres gisements. Ces autres gisements appartiennent tous au terrain pliocène bien caractérisé.

Nous arrivons à la même conclusion pour un certain nombre de Bryozoaires que nous pensons avoir pu déterminer avec quelque sécurité parmi la grande quantité d'exemplaires que nous avons eus et tous ces documents, réunis aux mollusques, font un ensemble assez probant en faveur de l'âge pliocène des calcaires blancs d'Oran.

M. Pomel, à la vérité, discute et rejette quelques-uns des arguments paléontologiques que j'ai fait valoir. Pour ne pas allonger

outre mesure ma réponse déjà bien longue, je ne reviendrai pas sur la question de la faune des poissons d'Oran.

Cette question me paraît résolue et les quelques objections de notre confrère n'y changeront rien.

M. Pomel me reproche ensuite d'avoir cité à Oran le *Terebratula ampulla* qui n'y existe pas. Je ne discuterai pas non plus pour le moment cette appréciation, mais je dois rappeler cependant que c'est M. Bayle et l'ingénieur Ville (1) qui, les premiers, ont sous le nom de *Terebratula grandis*, cité cette espèce aussi bien dans le ravin d'Oran que dans le Tertiaire supérieur des environs d'Alger.

M. Pomel ne doit pas l'ignorer, puisque lui-même, pour l'indication des fossiles de son étage Sahélien, se réfère (2) purement et simplement à la liste qu'ont donnée MM. Bayle et L. Ville.

Au surplus, il y a quelques années encore, notre confrère ne semblait pas si hostile á l'existence du *Terebratula ampulla* dans le Sahélien. En effet dans sa *Géologie de la côte orientale de la Tunisie* (3) l'auteur déclare avoir une propension à classer dans le Sahélien une assise de mollasses de la falaise de Monastier dans laquelle il a recueilli *Terebratula ampulla*, une Rhynchonelle qui se trouve en même temps dans le Sahélien d'Oran et dans les mollasses pliocènes d'Alger, une *Arbacina*, etc., et qui, par ses caractères lithologiques, présente la plus grande ressemblance avec le Sahélien de l'Ouest d'Oran.

Mon honorable contradicteur me fait encore, au sujet de la faune des calcaires blancs d'Oran, une critique qui, je le reconnais cette fois, est parfaitement fondée. En effet il n'est pas à ma connaissance qu'il existe des Congéries dans le Messinien d'Oran. J'avais ce nom en tête pour l'avoir cité fréquemment dans ma discussion et il est venu sous ma plume dans l'énumération de la faune, aux lieu et place de celui de Mélobésies, que je devais écrire. La confusion est grossière, j'en conviens, mais elle est le résultat d'un simple lapsus. Je m'en suis aperçu trop tard pour le faire disparaître dans le volume et c'est seulement dans le résumé que j'ai donné à la société que que j'ai pu supprimer la mention des Congéries dans la faune d'Oran.

Quoiqu'il en soit, cette mention disparue, il n'en reste pas moins un ensemble beaucoup plus pliocène et même messinien que miocène.

(1) Notice géol. sur les prov. d'Oran, *B. S. G. F.* 2me sér. t. XI, p. 505 et p. 513.
(2) Massif de Milianah, p. 78.
(3) Loc. cit., p. 94.

ALLOCUTION PRÉSIDENTIELLE

Prononcée dans la Séance générale du 6 avril,

par M. Michel LÉVY.

Messieurs,

Suivant la tradition, j'ai l'agréable devoir de souhaiter la bienvenue aux vingt-trois membres nouveaux que la Société a accueillis en 1892. Aussi bien ne trouveront-ils que trop de places vides à combler dans nos rangs; car nous avons eu à déplorer, durant la même année, la perte de treize de nos anciens collègues.

C'est d'abord M. Jacquiné, inspecteur général honoraire des Ponts-et-Chaussées, puis M. Vène, Inspecteur général des Mines, tous deux membres de la Société depuis 1833, et qui étaient les derniers représentants, parmi nous, de la génération de Cordier, de Brongniart, de Constant Prévost, d'Elie de Beaumont.

Il nous faut citer encore un inspecteur général honoraire des Mines, M. Meugy, qui, dès 1855, a fait paraître de nombreux mémoires sur le terrain crétacé du Nord de la France ; on lui doit aussi plusieurs cartes géologiques et agronomiques du département du Nord et des arrondissements de Rocroy, Vouziers, Mézières, Sedan, Réthel, ces deux dernières en collaboration avec M. Nivoit.

Les relations personnelles que j'ai eues avec M. Collenot, lors de mes courses dans le Morvan, me font un double devoir de vous rappeler la part active qu'il a prise en 1889 à la réunion extraordinaire de la Société à Semur et l'extrême cordialité de la réception qu'il avait su nous ménager. M. Collenot avait minutieusement exploré les terrains secondaires qui servent de bordure septentrionale à l'éperon rocheux du Morvan ; de concert avec MM. Bréon et Bochard, qui sont aussi nos collègues, il était parvenu à recueillir les éléments d'un musée géologique régional vraiment intéressant. Il est des premiers à avoir signalé les gisements de phosphate des limons qui recouvrent certains bancs du Lias de l'Auxois. M. Collenot a été mon fidèle et aimable compagnon durant plusieurs des courses pédestres, quelquefois un peu prolongées au gré de ses désirs, que j'ai consacrées aux roches cristallines du Morvan ; ces souvenirs remontent à près de vingt ans et vous me permettrez de

les évoquer avec la mélancolie qui convient à un passé déjà si lointain.

L'abbé Pouech était membre de notre Société depuis 1856 ; on se rappelle la part active qu'il avait prise en 1882 à la réunion de Foix, dont il avait été vice-président ; notre Bulletin témoigne de son activité scientifique, et la géologie de l'Ariège lui doit de nombreuses contributions.

Il nous faut encore relever, sur cette trop longue liste nécrologique, les noms de MM. de la Tour du Pin, de Chambly, de Chambrun de Rosemont, Pissot, Laumonier, Pigeon, et aussi ceux de plusieurs et éminents collègues étrangers.

Et d'abord je dois citer M. Sterry-Hunt, membre de la Commission géologique du Canada, notre collègue depuis 1855 et qui nous a fait une visite prolongée durant le Congrès et l'exposition de 1878. Parmi ses travaux les plus marquants, on trouve une esquisse géologique du Canada, des discussions souvent passionnées sur la question du Taconic, de nombreuses études chimiques sur les roches cristallines.

Avec M. de Zigno, professeur à l'Université de Padoue, nous entrons dans le domaine de la paléontologie végétale ; celle de la Vénétie et des provinces voisines lui est redevable de nombreuses contributions ; on lui doit aussi des mémoires estimés sur la constitution géologique des monts Euganéens, sur le Crétacé de l'Italie septentrionale, sur la faune de ses terrains éocènes.

M. Rœmer, professeur à l'Université de Breslau, était membre de notre Société depuis 1860 ; on connaît ses éminents travaux paléontologiques : monographie des Blastoïdés, faune fossile du Dévonien rhénan, *Lethœa palæozoïca*, etc. Il faut y joindre des mémoires stratigraphiques, notamment sur la Haute-Silésie et sur le Texas.

Ici s'arrête cette trop longue énumération ; j'aurais voulu juxtaposer aux souvenirs du passé les impressions, encore présentes, de l'année qui vient de s'écouler et pendant laquelle j'ai eu l'honneur de présider vos séances. Mais ici encore il me faut abréger ; je vous rappellerai donc sommairement la remarquable conférence de M. Marcel Bertrand sur les plis posthumes en général et sur ceux du Bassin de Paris en particulier, conférence à laquelle M. Geikie, directeur général du service géologique de la Grande-Bretagne, nous a fait l'honneur d'assister.

Vous avez aussi présents à la mémoire les résultats si féconds du voyage entrepris par M. Depéret dans le bassin de Vienne ; mon éminent ami et collaborateur a eu la bonne fortune de pouvoir

paralléliser avec certitude les assises miocènes du Rhône avec celles de Vienne et de faire disparaître ainsi l'apparente contradiction qui existait entre les idées si magistralement développées par M. Suess et certaines de nos classifications.

MM. de Lapparent et Munier-Chalmas se sont associés dans le but de réviser d'une façon plus générale cette classification des terrains sédimentaires, pour laquelle il serait chimérique de chercher une formule définitive et invariable, mais qu'il est si utile de coordonner périodiquement, au double point de vue de l'enseignement didactique et des cartes géologiques.

Enfin je ne peux me résoudre à passer sous silence les beaux travaux suscités, parmi mes collaborateurs, par les études afférentes aux Alpes ; MM. Marcel Bertrand, Haug, Lugeon, Léon Bertrand vous en ont entretenu. Mais il faut citer encore MM. Potier, Renevier, Kilian, Termier, Depéret, Leenhardt, Hollande, etc. Il y a là un grand effort dont je sais que les savants étrangers et en particulier M. Suess veulent bien apprécier toute la portée.

Messieurs, la tâche qui me reste à accomplir est à coup sûr la plus facile et la plus agréable de celles qui m'incombaient aujourd'hui : je dois, en votre nom, décerner le prix Viquesnel à M. Haug, et justifier en quelques mots le choix de votre commission.

Dès 1884, M. Haug s'est attaché à définir la place occupée dans les terrains jurassiques par certaines espèces d'Ammonites nouvelles ou mal connues. C'est ainsi que les formes du genre *Harpoceras* et leur distribution dans le Lias supérieur et le Bajocien ont d'abord été l'objet de ses savantes études ; puis elles ont porté sur les genres *Sonninia* et *Witchellia*.

Une intéressante application des classifications jurassiques rigoureusement basées sur la détermination des Ammonites a trouvé place dans la note préliminaire de M. Haug sur les dépôts jurassiques du Nord de l'Alsace, insérée dans notre Bulletin en 1886.

Puis vient une étude (1) sur le Néocomien de l'Alpe Puez dans le Tyrol méridional et la découverte de lambeaux de recouvrement infra-liasiques reposant sur le Néocomien.

Depuis 1888, M. Haug a été le fidèle collaborateur de la Carte géologique de France et, chaque année, il a fait campagne dans les Hautes et Basses-Alpes. Sa thèse, parue en 1892 dans le Bulletin du Service, est le premier résultat important de ses vaillantes explorations. On sait qu'elle a pour objectif la description des chaînes

(1) Jahrb. des K. K. Reichsanstalt, Vienne, 1887.

subalpines entre Gap et Digne. Mais, par sa portée générale, elle s'élève au-dessus d'une simple monographie locale. M. Haug s'est en effet préoccupé de délimiter les zones de répartition des principaux faciès des terrains secondaires, parallèlement à la direction générale des plis alpins, et il a pu en suivre la trace au loin ; voici les principales d'entre elles :

1° Zone à sédimentation calcaréo-vaseuse continue du Lias au Sénonien, formée dans le centre du grand synclinal subalpin ; c'est la zone du *faciès dauphinois* ;

2° Zone littorale ou sublittorale, le long du massif cristallin central des Alpes, avec lacunes et transgressions, faciès bréchiforme et coralligène ; c'est la zone du *faciès briançonnais* ;

3° Zones littorales ou sublittorales externes formées sur les bords du massif des Maures, à *faciès provençal* ;

4° Enfin sur le haut fond réunissant le Plateau Central aux Vosges, à la Forêt Noire et à la Bohême, zone du *faciès jurassien* ou *rhodanien*.

Je pourrais prolonger l'énumération des importants résultats acquis à la science et consignés dans la thèse vraiment magistrale de M. Haug; je pourrais aussi vous parler de ses travaux en cours de préparation sur la géologie des Alpes calcaires du Faucigny ; mais il faut me limiter, et je crois avoir amplement justifié le choix de la Commission chargée cette année de décerner le prix Viquesnel, que je suis tout particulièrement heureux d'être appelé à remettre à M. Haug.

RAPPORT SUR LE PRIX FONTANNES (1)

par M. **Marcel BERTRAND.**

La Commission du prix Fontannes a cette année décerné le prix à M. Kilian, professeur à la Faculté des sciences de Grenoble.

M. Kilian s'est voué depuis plus de cinq années à l'étude des Alpes françaises. Il a débuté par un travail très complet et très important sur la chaîne de Lure, où il a montré à la fois la sûreté de sa science paléontologique et de son coup-d'œil stratigraphique. A côté des résultats précis sur les niveaux du faciès urgonien et sur la structure de la région, on a pu y remarquer le souci de rattacher les faits de détail aux phénomènes d'ensemble, et de bien fixer la place de ce travail local dans un cadre général de la géologie alpine. Le jour où un deuil imprévu rendit vacante la chaire de Grenoble, ce premier mémoire désignait entre tous M. Kilian pour la succession de Lory, et sa nomination a été accueillie avec une véritable reconnaissance par tous ceux qui s'intéressent à la géologie alpine.

M. Kilian a tenu dès les premières années à parcourir tout le vaste champ d'études qui s'ouvrait devant lui, pour s'assimiler les résultats déjà acquis, pour se familiariser avec les problèmes mal résolus, pour prendre en un mot possession de son nouveau domaine, et surtout pour en faire prendre possession aux idées nouvelles dont il était nourri.

Lory, après avoir donné la clef des difficultés qui, pendant vingt ans, avaient arrêté tous les progrès dans les Alpes françaises, avait expliqué leur structure par le jeu répété de grandes failles verticales. Ses successeurs, au contraire, sous l'influence des travaux de la carte suisse et des belles synthèses de M. Suess, ont apporté dans leurs recherches l'idée préconçue, ou au moins le secret désir de tout expliquer par les compressions latérales. Tous ceux qui ont visité après Lory quelque coin de nos Alpes n'ont vu que des plis étirés là où il avait vu de grandes failles verticales. On pourrait se méfier d'un accord si bien prévu par la théorie, si la question ne pouvait se ramener à une vérification matérielle : les failles sont-elles verticales ou parallèles aux couches ? C'est sur ce point de fait que toutes les nouvelles observations se sont trouvées concor-

(1) Ce rapport a été lu dans la séance générale du 6 Avril.

dantes ; sans diminuer l'importance des progrès dus à Lory, il suffit pour nous faire considérer sous un autre jour l'histoire de nos mouvements alpins.

M. Kilian a eu sa grande part dans cette évolution des idées ; le mémoire important qu'il a intitulé : *Notes sur l'histoire et la structure des chaînes alpines de la Maurienne, du Briançonnais et des régions adjacentes,* montre, à côté du résumé de très nombreuses observations personnelles, le souci dominant de fixer la doctrine, de l'entourer de toutes les preuves et d'y rattacher aussi bien les faits anciennement connus que les découvertes récentes. M. Kilian n'y décrit que les coupes qu'il a vérifiées lui-même, mais au fond c'est bien sur l'ensemble des connaissances acquises qu'est fondée son argumentation et que reposent ses conclusions. C'est un brillant essai de synthèse, qui mérite de marquer une date dans le progrès de nos études, mais où l'auteur, pour se débarrasser des questions de priorité, n'a essayé ni de préciser ni de réclamer sa propre part de découvertes. Il aurait été injuste de ne pas citer ce travail considérable avec les éloges qu'il mérite ; mais il ne le serait pas moins de ne pas insister spécialement sur les faits nouveaux qui y sont enclavés et qui, tous, ont fait l'objet de courtes notes spéciales.

Ces faits sont d'abord relatifs à la composition et à l'âge des différents systèmes sédimentaires.

Pour les schistes du Queyras et pour les calcaires du Briançonnais, qui tiennent une si grande place dans la 4me zone alpine de Lory, M. Kilian a adopté la solution de nos confrères italiens, MM. Zaccagna et Mattirolo, mettant les premiers dans la série primaire, et les seconds dans le Trias ; il a de plus étudié spécialement la manière dont se fait, au sud, le raccordement de cette série avec la série si différente de la 2me zone, quand la disparition de la bande houillère de Modane les amène en contact. Il se trouve que le passage est graduel, que le Trias englobe à l'est des synclinaux du Jurassique, et qu'il perce à l'ouest au centre des voûtes anticlinales ouvertes dans les schistes jurassiques. Les faciès se modifient, mais sans qu'il faille avoir recours à ces murailles de séparation dont avait parlé Lory, et c'est en poursuivant les traces de cette transformation graduelle que M. Kilian a trouvé, sur la prolongation de la 2me zone, un lambeau de calcaire tithonique conservé au milieu des névés du Grand Galibier. L'intérêt théorique de cette découverte est considérable, mais la valeur en augmente, si on se rappelle qu'elle a été faite à 2.800 mètres d'altitude.

Dans le Lias de la 2e zone, M. Kilian a découvert un niveau de

calcaire coralligène, faciès encore inconnu en France dans ces terrains ; il a pu suivre un horizon très constant de brèches, qui se reliera peut-être un jour plus ou moins directement aux masses immenses de la brèche du Chablais, et enfin il a montré qu'à la partie supérieure de ce système si uniforme, on peut distinguer et séparer sur les cartes, non seulement un complexe plus récent, avec fossiles bajociens et bathoniens, mais même des lambeaux d'Oxfordien.

Au point de vue de l'étude des phénomènes de plissement, M. Kilian nous a fait connaître à la Grande Moënda, l'existence d'une nappe de Trias ramenée au-dessus du Lias et plissée elle même dans un sens transversal. C'est la preuve directe de la superposition en un même point de deux plissements à angle droit, et le premier exemple nettement constaté d'une disposition destinée sans doute à se retrouver et à élucider peut-être certaines difficultés stratigraphiques de la région alpine.

Dans cet ordre d'idées, je crois surtout devoir insister sur les faits relatifs aux plissements antérieurs à la période nummulitique. On savait que, pendant l'Eocène inférieur, il y avait eu retrait de la mer, et que la mer était revenue, à l'époque de l'Eocène moyen et supérieur, recouvrir de ses dépôts transgressifs jusqu'aux roches cristallines du Pelvoux. On avait aussi indiqué qu'on pourrait faciliter bien des explications en supposant que cette période d'émersion avait été témoin d'énergiques dislocations ; mais cette indication était restée à l'état d'hypothèse, sans faits précis à l'appui. M. Kilian nous a montré que dans la Haute-Ubaye, il y a discordance angulaire du Nummulitique sur le Crétacé. De plus, dans la Maurienne, il a constaté que, malgré la concordance apparente, le Nummulitique s'appuie sur les différents termes du Trias et du Jurassique, sans qu'on puisse attribuer ces diversités de contact à des glissements ou à des failles ; en chaque point, en effet, la brèche de base de l'Eocène contient des galets des formations avec lesquelles il est en contact. Sur l'emplacement du synclinal nummulitique actuel, il existait donc un anticlinal de plus faible courbure, que la mer nummulitique a arrasé. Il paraîtrait, d'après une nouvelle observation de MM. Kilian et Haug, dans la région de Barcelonnette, que les mouvements postcrétacés auraient atteint une ampleur suffisante pour donner naissance à de véritables plis couchés. Ce serait là une constatation capitale, dont il convient d'attendre la confirmation.

M. Kilian a essayé de pousser plus loin encore cette analyse des

mouvements superposés aux différentes époques ; peut-être au sujet du partage qu'il fait entre les dislocations antihelvétiennes et posthelvétiennes, y aurait-il quelques réserves à faire ; il me semble, du moins, que les faits signalés sont encore susceptibles de plusieurs interprétations. Mais ces réserves sur les conclusions, ou du moins sur leur établissement définitif, n'enlèvent rien à l'importance des faits, qui posent pour la première fois avec netteté dans les Alpes françaises et permettent de discuter utilement un des problèmes les plus intéressants et les plus difficiles de leur histoire.

Je me suis borné aux points qui m'ont semblé les plus importants. Pour faire complètement apprécier l'activité de M. Kilian, il aurait fallu énumérer tous les matériaux d'observations qu'il a amassés. Il n'était pas besoin d'attendre la mise en œuvre définitive de ces matériaux pour en proclamer la valeur, mais il est permis de croire que cette mise en œuvre en augmentera encore la portée. Je suis heureux d'être ainsi auprès de M. Kilian l'interprète d'une double marque d'estime, puisqu'en lui disant que son œuvre a dès maintenant été jugée la meilleure, on ajoute qu'on attend de lui plus encore pour l'avenir.

NOTE SUR UN GITE CUIVREUX D'ORIGINE VOLCANIQUE DU CAUCASE MÉRIDIONAL,

par M. CHAPER (1).

Au mois de juin 1885, mon regretté camarade et ami Edmond Fuchs faisait connaître à la Société géologique un remarquable gîte de cuivre de la basse Californie, dont le nom est aujourd'hui fort connu : le Boleo.

Il discutait dans sa Note (2) la nature des sels de cuivre amenés par les sources sous-marines sur le fond de la mer. Contestant par d'excellentes raisons l'oxydation et la transformation, après dépôt et sous l'influence des eaux superficielles et agents atmosphériques, des composés cuivreux mélangés aux sédiments marins, il arrivait à conclure que les sels de cuivre, contenus dans les eaux minéralisées venues de la profondeur, étaient des sels oxydés et non des sulfures ou sels analogues. Il n'accordait à cette seconde catégorie de composés qu'une place *accidentelle*, place que la constatation de leur existence ne permettait pas en effet de leur refuser.

Je me permettrai de dire en passant que c'est un point sur lequel j'ai une conviction tout à fait différente de la sienne, et d'autant plus profonde dans l'espèce, qu'il s'agit d'un gîte en relation intime avec des phénomènes volcaniques. L'action oxydante des eaux marines chlorurées, auxquelles Fuchs reconnaît une action *partielle* sur la petite quantité de sulfures venus au jour, me paraît au contraire la cause unique et suffisante de la transformation complète de ces sulfures, dont quelques rares témoins subsistent seuls aujourd'hui.

J'aurais encore à faire une autre réserve au sujet de la conclusion qui suit la description des tufs du Boleo : « Cet ensemble de couches » est donc, par excellence, le produit d'éruptions boueuses sous- » marines, etc. » Rien, dans les trois paragraphes descriptifs qui précèdent cette conclusion, ne la justifie. C'est donc une hypothèse à l'adoption de laquelle Fuchs a pu être entraîné par des conceptions théoriques. Ce n'est pas ici le lieu de la discuter. Je me borne à

(1) Communication faite dans la séance du 10 avril 1893, manuscrit remis dans la même séance ; épreuves corrigées par l'auteur parvenues au Secrétariat le 30 septembre 1893.

(2) Note sur le gîte de cuivre du Boleo (Basse-Californie mexicaine) par M. Edmond Fuchs. *B. S. G. F.*, 3me série, Tome XIV, p. 79, 1885-1886.

énoncer que de simples sédiments ordinaires, dont les éléments auraient été empruntés aux roches souvent cendreuses des terres émergées et aux galets et falaises des rivages, me paraissent pouvoir tout aussi bien, et même mieux, rendre compte d'une accumulation de tufs dont l'épaisseur totale est comprise entre un minimum de 174 mètres et un maximum de 213 mètres (voir le tableau de la page 80, loc. cit.), sur une surface de plus de 40 kilomètres carrés, représentant par conséquent un volume de 7 à 8 milliards de mètres cubes.

Le gîte métallique que je me propose de décrire *sommairement*, n'ayant pu jusqu'à présent y consacrer assez de temps pour l'étudier en détail, est d'une origine tout à fait analogue à celle du gîte du Boleo. Il m'a semblé qu'il y aurait intérêt à le faire connaître. On verra comment le même phénomène géologique, se produisant dans des conditions un peu différentes, a produit deux résultats extraordinairement différents au point de vue de l'allure des matériaux amenés au jour.

A 80 km, à vol d'oiseau au Sud de Tiflis se trouve un ancien volcan, le Lelvar, qui occupe le centre d'une région fortement accidentée. L'action volcanique s'est exercée sur une surface d'au moins 30 kilomètres de rayon ; elle s'est manifestée de toutes façons : soulèvements, failles, filons, dépôts hydro-thermaux, coulées de toutes natures, érosions énormes, etc..., rien n'y manque. Cette action s'est prolongée pendant de longues périodes géologiques. Commencée pendant les temps jurassiques, elle n'était pas encore épuisée, selon toute vraisemblance, à la fin des temps crétacés.

Le volcan devait, selon certains indices, avoir au début sa base au niveau des mers et peut-être au-dessous ; il a subi ensuite un mouvement ascensionnel avec tout son massif, et s'est trouvé entouré d'une ceinture lacustre ; un mouvement inverse a ensuite fait descendre le tout de plusieurs centaines de mètres, immergeant sous les eaux de la mer le pied du volcan, les dépôts hydro-thermaux antérieurs et les coulées de la période précédente.

De puissants dépôts sédimentaires et fossilifères se sont alors formés : ils sont en très grande partie constitués d'assises minces, indices d'un régime assez troublé. L'activité volcanique ne s'est en effet pas ressentie de cet affaissement ; la preuve en est fournie par la nature des sédiments, tous composés d'éléments détritiques provenant de roches volcaniques, et par les nombreuses intercalations de coulées dans la série sédimentaire. Le caractère volcanique de toutes ces roches est tellement accusé qu'il est parfois difficile au

premier abord de savoir si l'on a affaire à une nappe d'épanchement ou à un lit sédimentaire dans lequel se trouvent réunis des éléments dissociés par l'érosion ou projetés à l'état de cendres.

Ce phénomène d'affaissement et d'ascension s'est-il produit plusieurs fois ? Je ne saurais le dire. Les obligations qui m'étaient imposées par l'exercice de ma profession ont restreint le champ de mes études : j'ai dû les limiter à celles qui pouvaient conduire à un résultat industriel immédiat. Je n'ai donc vu qu'un coin du tableau, m'appesantissant sur les zones métallifères en elles-mêmes, et n'examinant leurs relations avec les zones voisines qu'autant que cette étude pouvait éclairer la question de l'exploitation. Néanmoins elle m'a fourni des renseignements précieux et exacts sur la nature, l'allure, la disposition et même l'âge du gîte remarquable et à peu près unique jusqu'à présent, dont il s'agit ; elle m'a permis de rectifier certaines erreurs, conséquences inévitables des examens trop superficiels de mes prédécesseurs.

La partie de la région que j'ai visitée est située au N.-E. du volcan central. Je n'ai pas de renseignements « de visu » sur les autres parties de cette vaste surface; mais je sais, d'après des témoignages certains, que, tout le long d'une ceinture entourant le volcan du Lelvar, on trouve des dépôts analogues à ceux que j'ai vus, minéralisés comme eux, et dont l'exploitation a été entreprise avec plus ou moins de succès.

Les trois points que j'ai étudiés portent les noms d'Akhtala, Tchamlouk et Allah-Verdi, les deux extrêmes étant séparés par une distance d'environ 14 kilomètres à vol d'oiseau. Les altitudes approximatives de ces trois points sont respectivement 697^{m}, 1196^{m} et 1180^{m}, pris aux centres des villages de même nom; tous les trois sont dans le district de Choulavery.

Voici comment sont constitués ces gîtes.

A une époque appartenant au commencement de la série des temps jurassiques, sans qu'il soit pour le moment possible de préciser davantage, une ceinture lacustre entourait le pied du Lelvar. Le fond de cette cuvette, unique ou multiple, il importe peu, fut le siège de phénomènes hydro-thermaux d'une intensité dont je ne connais aucun autre exemple. Par des fractures, dont la vue nous est cachée comme au Boleo, jaillirent des sources minéralisées ; les dépôts furent d'abord composés de silice et de silicates, dont le mélange a reconstitué, sous l'influence d'un métamorphisme énergique, une roche difficile à classer dans la nomenclature, dont la pâte quartzeuse grise englobe des rognons de quartz limpide, et des

cristaux dont la forme est celle de l'orthose (?), mais qui sont aujourd'hui réduits à l'état de squelettes siliceux blanchâtres. Les dépôts se continuent, perdant progressivement leurs parties alcalines, et ne sont plus composés que de quartz, sauf les minéraux adventifs dont nous parlerons tout à l'heure.

Cette accumulation de silice atteint une épaisseur énorme, qui dépasse certainement 30 mètres, d'après les renseignements encore incomplets que nous possédons aujourd'hui.

La fin de cette période fut marquée par des mouvements importants du sol, précédant l'affaissement général qui fit plonger le tout sous les eaux de la mer.

Mais revenons au dépôt siliceux.

Dès la base de ce dépôt, ou du moins dès la partie la plus inférieure que l'on puisse en atteindre aujourd'hui, on y voit apparaître de très nombreuses traces de sulfures métalliques, fer et cuivre, en petits cristaux disséminés. La quantité en augmente très légèrement au fur et à mesure que le dépôt s'accumule.

A un moment, correspondant environ au dernier tiers de la hauteur, il paraît s'être ouvert dans le fond de la cuvette un nouveau système de fractures. Aux sources anciennes, presque exclusivement silicifères, viennent en tous cas s'ajouter des sources hautement métallifères, amenant des sulfures de fer et de cuivre. Dans ce bassin, probablement sans courants, les dépôts métalliques se placent au-dessus de leurs canaux d'arrivée, sous forme de lentilles, ou de champignons, à pédoncules peut-être fort étroits ; les sulfures, sur le plan de dépôt, refoulent la silice environnante, plus ou moins loin suivant leur abondance, mais en se mélangeant toujours avec elle latéralement sur une certaine zone où l'on passe du maximum au minimum de teneur métallique. D'ailleurs, de même que les sources primitives avaient toujours fourni une petite quantité de sulfures, il est probable que les sources de seconde venue, plus spécialement métallifères, apportaient aussi leur contingent de silice, car les parties des lentilles les plus concentrées en contiennent toujours une forte proportion.

Pendant un certain temps, les sulfures de fer et de cuivre furent les seuls sels métalliques constituant les lentilles. Mais, vers la fin, le phénomène se complique par la venue d'autres métaux. Soit que de nouvelles sources aient apparu, soit que les sources existantes se soient modifiées, on voit successivement apparaître en plusieurs points le sulfure de zinc, puis celui de plomb, presque immédiatement associé à du sulfure de baryum, aussitôt transformé en sulfate ; enfin

le sulfure de calcium, aussi avide d'oxygène que le précédent, termine la série. L'apparition du plomb et du baryum n'avait point supprimé la venue concomitante du fer et du cuivre. La venue du calcium, au contraire, s'est faite dans des conditions telles que le sulfate de chaux qui le représente contient fort peu de silice et à peu près point de métaux.

La présence de ces sulfures, parfaitement cristallisés et englobés dans la matière siliceuse ambiante depuis le bas du dépôt jusqu'en haut, n'ayant pas subi la plus légère altération, tant est grande l'imperméabilité de cette silice, montre bien que le dépôt dont il s'agit s'est effectué dans un bassin à eaux non oxydantes. C'est donc bien un « Boleo lacustre », comme je le disais en commençant. Ce qui fait la différence des deux gîtes n'est pas tant l'interruption et la récurrence au Boleo de la venue métallifère que le fait de la nature et du régime des eaux : d'un côté des eaux chlorurées avec courants oxydent et étalent les sulfures métalliques en couches minces sur une large area ; de l'autre ces sulfures, émergeant dans une cuvette aux eaux immobiles et réductrices, se déposent en lentilles, dont l'épaisseur atteint plusieurs mètres.

Ce sont ces deux états chimiques, ces deux dispositions physiques, si différentes, qu'il m'a paru intéressant de signaler et de comparer. Ils correspondent en effet au régime du milieu dans lequel s'est produit le phénomène primitif de l'émission des sources, et en fournissent l'explication et la preuve.

Ce sont donc bien deux faits géologiques du même ordre. Celui du Caucase n'en est, à mon avis, ni le moins important ni le moins curieux.

J'ai déjà parlé de l'énorme circuit sur lequel il s'étendait : les renseignements suivants viendront à l'appui de ma seconde assertion.

Avant l'immersion sous-marine des dépôts siliceux et métallifères dont il vient d'être question, ceux-ci furent recouverts de matériaux de nature variée. A Allah-Verdi même, on constate, sur les bords d'une faille à bords non parallèles qui traverse le village, deux roches tout à fait différentes, recouvrant respectivemeut les terrains de R. D. et les terrains de R. G. dont l'inclinaison est tout à fait différente. Ceci démontre que, au moment de l'interruption des dépôts siliceux, de grands mouvements du sol avec failles s'étaient déjà produits avant l'affaissement.

De ces deux roches de recouvrement, l'une présente une pâte violette parsemée d'une très grande abondance de cristaux blanc-verdâtre et de petits nodules de calcite. Les cristaux, probablement de

nature feldspathique à l'origine, sont aujourd'hui fortement silicifiés. L'examen de cette roche, fait au Collège de France, l'a fait coter comme une *andésite vitreuse très quartzifiée* (1). Quelque surchargée qu'elle soit de silice, elle est altérable par les agents atmosphériques sous l'influence desquels elle devient verdâtre, pulvérulente : au sein de la masse en voie de décomposition se montrent des centres plus résistants, formant des espèces de boules à enveloppes concentriques. Il est probable que cette roche, aujourd'hui fortement entamée par les érosions, est le produit d'une coulée.

Sur la rive gauche de la faille, le dépôt siliceux métallifère est au contraire recouvert d'une roche de teinte générale vert foncé, d'aspect bréchoïde, mais à éléments fort peu distincts, se divisant en plaquettes irrégulières, et que l'étude intime a fait coter comme une *Brèche ou tuf andésitique quartzifié*. Je n'hésitai pas dès le début à la croire sédimentaire et lacustre. Cette première impression a été corroborée par la vue de très nombreuses empreintes fibreuses, toutes parallèles aux plans de fissilité de la roche. Ce sont les vestiges de végétaux, et non seulement de végétaux herbacés, mais de véritables morceaux de bois. La matière ligneuse a aujourd'hui disparu et est remplacée par de la silice.

A Tchamlouk, rien de pareil. En l'état de nos renseignements, il ne paraît pas que la masse métallifère ait été recouverte avant son immersion ; les dépôts sédimentaires marins paraissent reposer immédiatement sur la silice.

A Akhtala, celle-ci est recouverte d'une puissante coulée de roche d'épanchement, tellement métamorphisée aujourd'hui qu'elle ne contient plus que du quartz, avec traces d'épidote qui lui donnent une teinte verdâtre.

Dans les trois points cités, les dépôts siliceux et leurs recouvrements ont été fortement redressés.

C'est après ce dernier phénomène qu'eut lieu l'abaissement général de toute cette région au-dessous du niveau de la mer, sans que pour cela l'activité volcanique paraisse en avoir été atténuée. Les bancs sédimentaires superposés forment un ensemble dont la puissance, notamment à Akhtala, dépasse deux cents mètres. L'épaisseur de chacun d'eux est faible : un mètre est un maximum rarement atteint. Presque toujours ils sont séparés par un filet franchement argileux. Tous ces dépôts sont sensiblement horizontaux.

(1) Cette roche, ainsi que toutes celles dont il sera question ultérieurement, ont été étudiées et déterminées par M. Lacroix, auquel j'adresse ici de nouveau l'expression de ma vive reconnaissance.

Ils sont tous constitués d'éléments empruntés aux roches rejetées par les éruptions volcaniques: fragments complexes, cristaux dissociés, boue fine, etc..., assez peu cimentés en général. Un grand nombre d'entre eux, notamment à Allah-Verdi, paraissent provenir, au moins partiellement, de matières expulsées par le volcan à l'état de sable et de poussière. Cela expliquerait l'absence à peu près complète de débris organiques dans ces derniers bancs. A Tchamlouk, au contraire, et à Akhtala, les bancs fossilifères sont nombreux et quelques-uns sont fort riches.

Le peu de temps que j'ai eu à ma disposition pour étudier ce côté de la question (une journée à Allah-Verdi, deux heures à Tchamlouk et une journée à Akhtala), était fort insuffisant pour recueillir des matériaux de choix; mais l'abondance est telle que le fruit de mes recherches a été concluant.

Jusqu'à présent, sur la foi de je ne sais quelles personnes, et en vertu de je ne sais quels arguments, on avait admis que tous les terrains de la région étaient crétacés ou postérieurs. Il n'y a pas longtemps encore, en novembre 1885, M. Bilharz, Directeur (?) à Freiberg, énonçait, comme une vérité acceptée et qu'il n'y avait même pas lieu de discuter, que la vallée du Debeda-Tchaï, passant au pied des trois gîtes précités, était toute entière creusée dans *les bancs calcaires de la formation crétacée.*

Or, ce qui manquait le plus à Akhtala quand j'y étais, c'était la chaux qu'on faisait venir de loin, et, quant au terrain crétacé, les fossiles recueillis à 200^{m} au-dessus se chargent de répondre.

Ils consistent en deux Rhynchonelles, douze autres brachiopodes, deux ou trois Pectinidés, deux Plagiostomes, une Pholadomye, une Pinnigène, un Polypier, deux Ammonites,... un Actéon (?), un Eucyclus (?), quelques-unes de ces espèces étant représentées par plusieurs échantillons.

Soumises à M. Douvillé, et contrôlées par nous dans la collection de l'Ecole des mines, six espèces ont pu être déterminées : *Rhynchonella Morierei* Davidson, *Rhynchonella Orbignyi* Oppel, *Aulacothyris pala* v. Buch, *Zeilleria Valtoni* Davidson, *Dictyothyris Bentlegi* Davidson, *Lytoceras tripartitum* Raspail ; Toutes ces espèces appartiennent au terrain jurassique moyen. Celles qui n'ont pu être déterminées ont également un faciès franchement jurassique, et aucun de ces fossiles ne provient des bancs inférieurs de la série.

Pendant le dépôt de ces bancs, fossilifères ou non, de nombreux épanchements de matières fondues sont venus s'étaler sur le fond

de la mer, modifiant souvent profondément la nature des sédiments sur lesquels ils reposaient. C'est à Akhtala même que le phénomène paraît avoir été le plus fréquent. L'aspect de ces coulées est extrêmement variable : tantôt c'est un banc de 0,25 à 0,30, d'aspect noirâtre, grumeleux, cristallin ; tantôt la coulée prend une belle teinte vert foncé, et est criblée de géodes d'épidote et de calcite, admirablement cristallisées toutes les deux ; ailleurs elle se présente sous la forme d'une roche à teinte chaude, rosée, d'une ténacité extraordinaire, et d'aspect franchement porphyroïde ; ailleurs encore elle forme un magnifique banc à structure prismatique.

Dans toutes ces roches, et même dans les roches verdâtres compactes, à éléments indistincts, qui forment des dykes diversement orientés dans la silice métallifère, l'examen n'a révélé à M. Lacroix que des roches andésitiques, plus ou moins altérées, plus ou moins chargées d'épidote, tantôt clastiques reconsolidées, tantôt fondues, mais, presque sans aucune exception, surchargées de quartz. La silice est en effet l'élément dominant dans tout cet ensemble ; elle y est l'élément métamorphisant par excellence ; certains bancs fossilifères en contact avec des nappes d'épanchement en ont été fortement imprégnés ; il y a notamment au-dessus d'Akhtala une falaise terminée par une nappe de *tuf porphyritique quartzifié* (15 mètres d'épaisseur) au-dessous de laquelle affleure une couche sédimentaire pétrie de fossiles, tous silicifiés, et en saillie sur la tranche de la couche devenue vacuolaire par suite de la dissolution atmosphérique de tout ce qui n'était pas silicifié.

J'ai essayé, dans les lignes qui précèdent, de donner les traits caractéristiques généraux de ces gîtes extrêmement intéressants. Ils mériteraient une étude approfondie au triple point de vue minéralogique, géologique et paléontologique. Bien qu'ils aient une notoriété déjà ancienne au Caucase, ils n'ont été étudiés, ou plutôt ils n'ont attiré l'attention, qu'au point de vue industriel. Les différentes personnes qui ont présidé aux recherches faites en vue de trouver les minerais exploitables, ou qui y ont elles-mêmes procédé, ont eu la malechance de méconnaître la nature et l'allure des gîtes métalliques : on y a vu une couche, puis des amas en chapelets, puis des filons, plus ou moins *étoilés* (sic). Naturellement les conclusions s'en sont ressenties, et les erreurs ont été chèrement payées.

Les pronostics étaient cependant bien alléchants. Je terminerai en en citant un seul exemple, Je l'emprunterai au rapport déjà mentionné du Directeur (?) Bilharz de Freiberg, parce qu'il offre le

type le plus remarquable que je connaisse de l'abus de la *règle de trois* dont l'emploi inconsidéré en matière de mines à déjà causé tant de désastres.

Ayant pris des échantillons dans différents points (l'auteur dit: « schritt für schritt »), en ayant fait analyser quelques-uns à Freiberg, y ayant trouvé des teneurs (qu'on ne peut plus trouver aujourd'hui) et les ayant appliquées au cube du minerai estimé par lui, etc., etc..., il arrive à la conclusion que, avec une dépense de 500,000 marks par an, on réalisera un bénéfice également annuel d'environ 5 millions 1/2 de marks !

Ce n'est pas ici le lieu d'entrer dans aucun détail sur la fortune à venir de ces gisements. Le seul fait à noter est que, jusqu'à présent, malgré de sérieux efforts d'argent, les résultats n'ont point été ceux que M. Bilharz et d'autres avaient pompeusement annoncés.

NOTICE GÉOLOGIQUE SUR LES ENVIRONS DE MENTON (1),

par G. BARON.

La ville de Menton, située dans la partie orientale du département des Alpes-Maritimes, s'étend sur le rivage d'une double baie orientée au S.-S.-E., au centre d'un bassin entouré d'une série de crêtes montagneuses de 1100 à 1400 mètres de hauteur disposées en amphithéâtre.

Les cimes sont constituées par des roches calcaires appartenant principalement aux étages supérieurs du terrain jurassique. Les hautes vallées sont occupées par la série des assises du terrain crétacé dont les étages supérieurs sont le plus spécialement développés. Le remplissage du bassin est formé par des marnes et des grès tertiaires. Il est entamé par plusieurs petites vallées dirigées obliquement vers la côte et creusées par des torrents dont les prin-

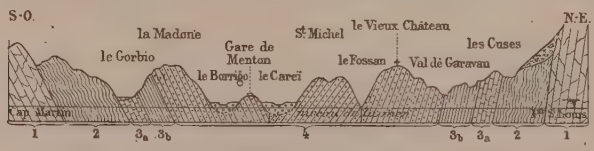


Fig. 1. — 1, Jurassique; 2, Crétacé; 3_a, Nummulitique inférieur; 3_b, Nummulitique supérieur; 4, Grès de Menton.

cipaux sont le Gorbio, le Borrigo, le Careï et le Fossan. Enfin dans la partie voisine de la côte, sur laquelle est construite toute la ville basse, s'étendent d'épaisses couches d'alluvions, principalement d'origine torrentielle.

Si maintenant nous examinons en détail chacune de ces diverses formations, nous voyons tout d'abord le terrain Jurassique présenter au Sud-Ouest une pointe avancée qui donne lieu au cap Martin, relié au massif du Mont Agel par le Mont Gros; puis former au Nord-Ouest, en avant de la Cima d'Ours, la crête dentelée si pittoresque de Sainte-Agnès; au Nord la pointe de la Pena au-dessus du Gourg de l'Ora; enfin à l'Est le massif du Berceau et du Grand-

(1) Communication faite dans la séance du 6 mars ; manuscrit déposé le 11 mars ; épreuves corrigées par l'auteur parvenues au secrétariat le 20 novembre.

Mont, dont un contrefort vient aboutir à la mer au pont Saint-Louis. Ces parties saillantes du relief sont principalement constituées par un calcaire de coloration claire, blanc ou gris rosé, souvent dolomitique, ne contenant que de très rares fossiles qui paraissent appartenir à l'étage Corallien : *Rhynchonella inconstans?* Nérinées, etc. Ces calcaires très durs, difficiles à tailler, mais susceptibles de recevoir un assez beau poli, se présentent en grandes masses, mal stratifiées. En d'autres points, au Nord de Vence notamment, on voit ces mêmes calcaires couvrir de vastes espaces et s'étendre en couches moins épaisses et mieux réglées. Ces couches, plissées, communiquent au sol des ondulations irrégulières; cependant on peut reconnaître dans les vallées principales une direction S.E. - N.O. sensiblement parallèle aux deux versants latéraux du bassin de Menton.

Les assises du terrain crétacé, dont les étages inférieurs ne sont pas représentés dans les environs immédiats de Menton, reposent généralement en stratification presque concordante sur les calcaires jurassiques. Elles sont constituées par un calcaire marneux en plaquettes, devenant glauconieux et noirâtre vers le Nord et l'Est, et se poursuivant sur toute la bordure du bassin en reliant entre eux les massifs jurassiques. Leur direction générale, sauf quelques plissements, se montre constamment S.E. - N.O. Leur inclinaison se rapproche le plus souvent de la verticale avec plongement vers l'axe du bassin.

Par exception la crête sur laquelle s'élève le village de Castellar, et qui forme une pointe avancée dans l'intérieur du bassin, est constituée par des assises présentant une inclinaison beaucoup plus faible, 45° environ, et paraît s'être détachée du massif du Berceau dont elle est séparée actuellement par une assez forte dépression.

La zone moyenne renferme quelques Inocérames, un peu partout, et de très rares Ammonites de grande taille voisines de l'*Am. Neubergicus* (Le Castellar). Un peu au-dessus se rencontrent, notamment dans le lit du Gorbio, exactement à la limite de l'octroi de Menton, des baguettes de Cidaris, un petit Micraster non dénommé avec *Echinocorys*, *Terebratula semiglobosa*, *Rhynchonella*, etc. C'est-à-dire qu'on retrouve dans ces assises du bassin de Menton la faune des carrières à ciment de Contes-les-Pins et de la région avoisinante, et qu'elles appartiennent par conséquent à la même formation. Enfin la zone tout à fait supérieure montre la roche remplie de tubulures coralliformes. La majeure partie au moins des assises crétacées que

nous venons de décrire doit donc être attribuée à l'étage sénonien supérieur.

Avec les formations tertiaires commence à apparaître nettement la disposition en cuvette des assises qui constituent le bassin de Menton.

La zone inférieure de l'étage nummulitique qui en marque le début est cependant interrompue par la pointe crétacée du Castellar, qui partage cette zone en deux versants présentant des différences très tranchées de faune et de composition. Elle est formée, en effet, sur le versant oriental, par des calcaires marneux noirâtres entièrement pétris de Nummulites, notamment les *N. perforata* et *N. lucasana* qui se retrouvent, au milieu de roches d'aspect semblable, à la localité classique de La Mortola, dans la direction de Vintimille. Sur le versant occidental, ces bancs à Nummulites sont remplacés par des calcaires argilo-sableux de couleur cendrée, en bancs minces, remplis de mollusques généralement à l'état de moules comprenant de nombreux Bivalves, Lucines, Cythérées ainsi que des Natices, Turritelles, etc., et rappelant à la fois la faune et l'aspect lithologique du gisement de La Palarea, près de Nice. De telle sorte que cette pointe semble avoir occasionné une séparation qui s'étendait aux régions voisines. Ajoutons que les dépôts du Nummulitique présentent un développement plus considérable et remontent à une altitude plus élevée sur le versant oriental ainsi délimité que sur le versant opposé, et donnent par là l'indice d'une faille dont il sera parlé plus loin.

La zone supérieure du terrain Nummulitique est constituée par des marnes argileuses grises, presque sans fossiles, qui s'étendent en avant du massif du Castellar avec une épaisseur très réduite, mais sans présenter d'interruption comme celle qui s'est produite en ce point pour la zone inférieure. Au pied des crêtes de Sainte-Agnès, les deux zones de l'étage Nummulique sont, il est vrai, totalement masquées sur une certaine étendue par des éboulis du calcaire jurassique formant une brèche semblable à celle qu'on rencontre en divers points de la région, et qui,après avoir passé par dessus la bande du terrain crétacé dont la pente très forte ne les a pas retenus, sont venus combler une portion de la dépression formée par le Nummulitique ; mais cette interruption n'est donc là qu'apparente.

Sur les deux versants latéraux du bassin de Menton les calcaires nummulitiques paraissent en stratification presque concordante avec les assises crétacées ; la discordance devient au contraire très

accentuée vers la partie septentrionale par suite de leur changement de direction, qui prend une disposition circulaire. De toutes parts leurs couches sont très fortement redressées, et le plus souvent on voit leur position normale troublée par une cause accidentelle qu'il importe de définir. Les argiles grises qui surmontent les bancs fossilifères ont forcément suivi le même mouvement que ceux-ci. D'autre part les assises qui forment la série tertiaire, y compris les grès qui la terminent en cet endroit, plongent vers le centre du bassin, en présentant dans leur ensemble une inclinaison générale vers le S.-E., c'est-à-dire vers la mer. Soit que toute la masse des grès ait glissé sur son lit d'argile ou que simplement les agents atmosphériques aidés des eaux torrentielles aient peu à peu miné et détruit partiellement les argiles, celles-ci se sont creusées en produisant une dépression circulaire. De leur côté, les bancs du calcaire nummulitique, n'étant plus soutenus, se sont écroulés presque partout. On peut les observer notamment dans la tranchée du nouveau boulevard de Garavan et dans la carrière des Cuses où d'énormes blocs se sont amoncelés pêle-même en se mélangeant avec les argiles. Egalement au nord du petit massif du Castellar, ils s'arrêtent brusquement au milieu du ravin qui le sépare du Berceau.

Notons en passant, près du village de Monti, à 400^{m} plus au N., sur la route, un petit lambeau long d'une centaine de mètres de calcaire nummulitique (appartenant au type occidental), plaqué contre les roches crétacées, mais en discordance avec elles, et qui vient indiquer que les érosions du Careï ont enlevé une partie de ce terrain, dont les dépôts remontaient à plusieurs kilomètres dans la vallée.

De puissantes assises de grès viennent recouvrir les marnes nummulitiques. Ces grès, habituellement jaunâtres, plus ou moins grossiers, généralement d'une faible cohésion et par suite fortement corrodés et ravinés à leur surface, montrent sur le flanc des vallées leur stratification bien réglée. Ils sont le plus souvent micacés et quelquefois argileux surtout dans les couches inférieures qui débutent par des bancs en minces plaquettes. Ils ne paraissent contenir que quelques débris de végétaux et sont généralement attribués aux formations des régions alpines désignées sous le nom de Flysch. Leurs affleurements commencent près de la rive gauche du Gorbio, sur la crête qui domine le vallon, puis descendent jusque dans le lit du torrent qu'ils franchissent même en plusieurs points, remontent à 300^{m} environ au-delà du coude que fait la route et vont

rejoindre le vallon des Castagnins, où on peut observer une particularité qui mérite d'être signalée. A un kilomètre environ du confluent de cette vallée avec celle du Borrigo, on voit les bancs de la partie supérieure des grès empâter de nombreux blocs calcaires, principalement d'origine jurassique, roulés et altérés à leur surface, ils sont en moyenne de la grosseur de la tête et donnent lieu à une exploitation. Au sein des mêmes assises, on rencontre des poches remplies par une argile grise très onctueuse qui est également exploitée.

Il est difficile de séparer ces grès des assises sous-jacentes qui présentent une roche de même composition. Il y a tout lieu de croire d'ailleurs que des dépôts semblables ont existé dans les autres vallées, d'où les courants les ont plus tard enlevés et transportés près de la côte où ils forment les principaux éléments des alluvions actuelles, tandis qu'ils se sont conservés accidentellement dans une vallée plus étroite et tortueuse.

Si nous reprenons la suite des affleurements de nos grès, nous les voyons passer derrière la chapelle de Sainte-Lucie, franchir successivement le Borrigo et le Careï, puis, traversant l'ancien chemin du Castellar à la borne qui sépare les deux communes, descendre dans la vallée du Fossan pour venir rejoindre le vallon de Garavan, en passant par le petit ravin de la Colle. De là les bancs de grès se poursuivent jusqu'à la côte, et même au-delà du quai on les voit émerger dans le port assez loin du rivage.

Pour terminer la description des assises tertiaires de cette région, il nous reste à signaler les poudingues formant le remplissage du cirque au milieu duquel s'élèvent le vieux château et la petite ville de Roquebrune. Leur direction est S.-E. N.-O. avec une pente assez forte au S.-O., dans la direction de la mer, et montrent de nombreuses dislocations. Ils présentent un aspect identique à celui des poudingues du Pliocène supérieur qui se retrouvent soit à Vintimille, soit à Cagnes, par exemple, et auxquels nous n'hésitons pas à les assimiler. Une pointe s'avance par dessus la crête du cap Martin, où il se trouve en contact successivement avec le Jurassique et avec le Crétacé, mais sans pénétrer dans le bassin de Menton proprement dit.

Quant au Pliocène inférieur, il nous a paru manquer dans cette région, à moins de lui attribuer les quelques centimètres d'argile blanchâtre, sans fossiles, qu'on peut voir quelquefois recouvrir les grès lorsqu'une excavation est pratiquée dans les alluvions au pied

de la montagne ou encore les petits dépôts argileux du vallon des Castagnins dont nous parlons plus haut.

Il ne nous reste plus à examiner que la disposition des assises tertiaires du bassin de Menton et plus spécialement des grès qui en occupent la plus grande étendue. On voit ceux-ci s'appuyer sur les marnes nummulitiques, mais avec une inclinaison moindre, surtout sur le versant occidental où elle n'a que 35° à 40° environ. La ligne de séparation entre les deux versants forme, au fond d'un pli synclinal parallèle à la direction des couches, une rupture accompagnée de dislocation des bancs de grès, qui suit la dépression formée par le quartier des Vignasses, entre la colline de l'Annonciade et la butte du pavillon Partonneaux. D'un côté elle rejoint et traverse la vallée du Borrigo au confluent du vallon des Castagnins, dans lequel on peut la suivre bien visiblement jusqu'aux environs du point où nous avons signalé des dépôts torrentiels, qui indiquent que l'effondrement du bassin était, déjà à leur époque, au moins en voie de formation. Plus loin la discordance entre la direction des couches de grès de chaque côté de la vallée s'atténue par suite de l'inflexion que commencent à prendre les bancs, que l'on voit alors traverser le lit du torrent sans présenter de rupture appréciable.

Il paraît résulter de l'orientation des grès qui occupent la pointe comprise entre le vallon des Castagnins et la vallée du Borrigo qu'une ligne secondaire de rupture suit cette dernière, en remontant dans la direction même du torrent à droite de Sainte-Agnès.

D'autre part, si on prolonge vers le S.-E., sans tenir compte des alluvions qui la masquent, la ligne principale de rupture, c'est-à-dire celle qui marque le centre d'affaissement du bassin, on la voit traverser obliquement le Careï vers le pont du chemin de fer et venir aboutir à la mer entre le jardin public et la place St-Roch.

La direction et l'inclinaison des couches de grès ne se modifient pas sensiblement en traversant la vallée du Careï. Dans la petite vallée du Fossan, au contraire, leur inclinaison change notablement d'une rive à l'autre, et donne l'indication d'une véritable faille dont le prolongement va rejoindre la faille plus ancienne qui a déterminé l'isolement du petit massif du Castellar, puis semble se diriger dans la direction de Castillon. L'existence de cette faille est aussi confirmée par l'examen des bancs de grès, dont les épaisseurs relatives permettent de distinguer assez facilement les différents niveaux. Elle ramène à une égale puissance les assises des deux versants, qui en apparence sembleraient plus développées sur le côté oriental que sur l'autre. Vers l'extrémité septentrionale du bassin, la direction

des bancs de grès s'infléchit légèrement en dedans, mais elle ne devient tout à fait transversale qu'entre les deux lignes de rupture centrale, où ils se montrent même, principalement vers le point de jonction de ces deux lignes, contournés et brisés comme par une pression latérale.

Nous avons vu que l'ensemble du bassin tertiaire présentait, outre son creusement central, un affaissement général dans la direction de la mer, sous laquelle il finit par plonger. Il en est résulté la formation d'une baie, dans laquelle des dépôts marins sont venus s'ajouter aux dépôts amenés par les torrents et le remplissent d'alluvions composées d'éléments variés et peu homogènes. On y voit alterner des lits de galets mélangés de gros blocs de toute nature (calcaires nummulitiques ou jurassiques principalement) avec des couches argilo-sableuses. Ajoutons que ces alluvions remontent à une certaine distance dans les vallées. Il importe de noter spécialement les dépôts torrentiels que l'on rencontre en plusieurs points de la vallée du Borrigo, en approchant du massif de Sainte-Agnès, et qui occupent une altitude de 20 à 30 mètres au-dessus du lit actuel du torrent.

Tandis que toute la partie haute de la vieille ville de Menton est construite sur le grès, dont les couches, il faut le dire, y sont très fortement redressées, toute la partie basse, située en avant de la gare et s'étendant depuis le Fossan jusqu'à La Madone, est bâtie sur les alluvions. Quant à l'autre moitié de la nouvelle ville, située dans la baie de Garavan, la composition géologique du sol sur lequel elle s'élève est assez compliquée. La partie la plus voisine de la vieille ville, celle qui fait face au port, est construite sur le grès. La partie moyenne est établie sur les deux assises du Nummulitique, la première argileuse, l'autre marno-calcaire très disloquée. Enfin l'extrémité dans le voisinage du pont Saint-Louis dont le sous-sol est constitué par le Crétacé, est en réalité bâtie sur des éboulis calcaires provenant des roches jurassiques de la montagne. On doit également considérer comme de même nature détritique les matériaux qui composent le sol au pied de la falaise dans l'étroite bande horizontale qui s'étend le long du quai de Garavan et qui n'est pas, par conséquent, formée d'alluvions proprement dites.

Quant aux conséquences à tirer des variations dans la composition du sol, ainsi que de la disposition des assises qui le constituent dans les divers quartiers de Menton, au point de vue du plus ou moins de stabilité et notamment de résistance aux mouvements

sismiques, il est difficile, quand on fait appel au souvenir du triste évènement de 1887, de ne pas être frappé de la relation évidente qui existe entre eux. On ne peut s'empêcher de considérer surtout que la principale ligne d'écroulement a suivi fatalement la ligne centrale de rupture du bassin. Les autres influences locales apparaissent aussi toutes plus ou moins nettement. Mais nous n'insisterons pas et laisserons à chacun le soin de tirer de notre étude les conclusions qu'il lui conviendra.

NOTE SUR LES GENRES *TRILLINA* ET *LINDERINA*,

par M. C. SCHLUMBERGER (1).

(Pl. III).

Dans notre première communication sur le dimorphisme des Foraminifères (2) et dans notre note sur les Miliolidées trématophorées (3), nous avons, M. Munier-Chalmas et moi, signalé le genre *Trillina*. De même que les *Pentellina* représentent le type *Quinqueloculina* dans la série des Miliolidées trématophorées, les *Trillina* représentaient les *Triloculina*. Nous comptions le décrire avec beaucoup d'autres trématophorées dans une seconde note qui n'a pas encore été publiée. J'ai eu la bonne fortune de découvrir un *Trillina* très intéressant en examinant une petite provision de sable qu'un de mes savants correspondants d'Australie, M. W. Howchin, m'avait obligeamment envoyé. Ce sable provient des couches éocènes de Muddy Creck, dans la province de Victoria. M. Howchin a publié (4) la liste des foraminifères de cette localité et a figuré les espèces nouvelles, mais les *Trillina*, assez rares d'ailleurs, avaient échappé à ses investigations et il ne signale qu'une espèce de Miliolidée, probablement trématophorée, qu'il identifie avec *Quinqueloculina prisca* Terquem, du Calcaire grossier.

Le second des genres nouveaux qui font l'objet de cette note a été découvert par mon ami M. Linder, inspecteur général des Mines, dans les déblais d'un des nombreux sondages exécutés dans le département de la Gironde. Il a bien voulu m'en confier l'étude et je suis heureux de lui dédier ce fossile si intéressant.

Genre TRILLINA Mun.-Chalmas et Schlumb. n. g.

Miliolidée du type triloculinaire. L'intérieur des loges est occupé par un dépôt calcaire qui ne réserve au milieu qu'un espace très restreint. Ce dépôt est parcouru par de nombreux canaux longitu-

(1) Communication faite dans la séance du 24 avril; manuscrit déposé le même jour; épreuves corrigées par l'auteur, parvenues au secrétariat le 15 septembre.

(2) *C.-R. Ac.-Sc.*, mai 1883.

(3) *B. S. G. F.*, XIII. 1885.

(4) *Trans. of the R. Soc. of. South Australia*, 1889.

dinaux et transversaux. Tèt ponctué. Ouverture munie d'un trématophore.

TRILLINA HOWCHINI Schlumb. n. sp. Fig. 1. Pl. III, fig. 6.

Forme A. — Si l'on examine la fig. 1, dans laquelle le contour extérieur des loges a seul été marqué sans tenir compte ni du remplissage interne ni de la nature externe du tèt, on remarque au centre la mégasphère avec son canal. Elle est enveloppée par les trois premières loges ; elles ont un contour triangulaire et toutes les suivantes gardent cette même forme avec un angle extérieur plus ou moins arrondi. La quatrième, au lieu de se placer sur la première comme dans les Triloculines à trois plans de symétrie, est à cheval sur les loges 1 et 2: la cinquième sur les loges 2 et 3 et ainsi

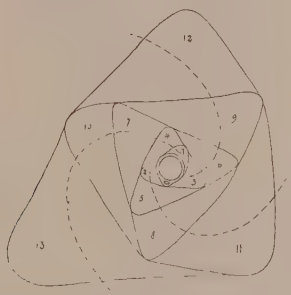


Fig. 1. — *Trillina Howchini* Schlumb. Forme A, grossie 50 fois.

de suite jusqu'à la loge 13 qui est placée sur les loges 10 et 11. Si maintenant on joint les centres de figure des loges 1, 4, 7, 10, 13 ; 2, 5, 8, 11 ; 3, 6, 9, 12, par des courbes continues, on voit qu'elles sont respectivement situées sur trois surfaces de symétrie.

En se reportant à la Pl. III, fig. 6, qui est une photographie d'une section mince passant par la mégasphère, on voit que l'intérieur des loges, de la première à la dernière, est occupé par un dépôt calcaire traversé longitudinalement d'un pôle à l'autre par un canal ovalaire central qui augmente de dimension à mesure que les loges grandissent. De plus, très près de la paroi externe et tout le long de ce bord, on voit une série de petits canaux longitudinaux qui sont reliés au canal central par des canaux horizontaux séparés par des piliers en forme de massue. Les séries horizontales de ces canaux sont séparées entre elles par de minces plateaux. La coupe

montre aussi que la surface extérieure du têt est fortement ponctuée.

Forme B. Inconnue.

Caractères externes. Fig. 2. Plasmostracum tétraédrique rétréci

Fig. 2. — *Trillina Howchini* Schlumb., grossie environ 40 fois.

vers les pôles montrant trois loges dont les sutures sont peu apparentes. Têt couvert de nombreuses lignes de ponctuations. Ouverture munie d'un trématophore (1).

Habitat. — Couche supérieure du tertiaire de Muddy Creek (Victoria), que les géologues australiens considèrent comme appartenant à l'Eocène.

Genre LINDERINA Schlumb. n. g.

Plasmostracum discoïdal surépaissi au centre, composé d'un seul rang de nombreuses petites loges disposées circulairement autour d'une loge centrale et dans un même plan. Les parois de chaque série de loges se prolongent vers le milieu au-dessus des loges déjà formées. Cette enveloppe calcaire est traversée par de fortes perforations qui pénètrent directement jusqu'aux loges internes.

(1) Les sept ou huit individus que j'ai pu recueillir sont plus ou moins frustes et ont perdu leur trématophore, en outre les loges sont trop adhérentes entre elles pour que j'aie pu les séparer pour dégager celui des loges intérieures. Ce n'est que pendant l'usure que j'ai pu constater aux ouvertures successives la présence des trabécules des trématophores.

LINDERINA BRUGESI Schlumb. n. sp. Fig. 3-5. Pl. III. Fig. 7-9.

Forme A. — Une section transversale, perpendiculaire au disque (Pl. III., fig. 7), montre au centre une grosse loge initiale sphérique accompagnée à droite et à gauche, et sur une ligne plus ou moins courbe, d'une série de loges qui augmentent peu à peu de hauteur. Elles sont enveloppées en dessus et en dessous d'un dépôt calcaire plus épais au centre qu'aux extrémités; ce massif est produit, comme le montrent les lignes de suture, par le prolongement, vers le centre, des parois des loges.

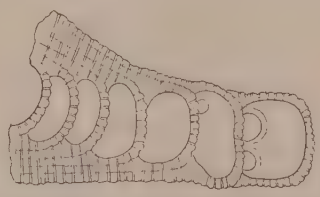


Fig. 3. — *Linderina Brugesi* Schlumb., portion de section transversale, grossie 100 fois (1).

Ces parois (fig. 3) sont largement perforées et ces perforations se continuent en ligne droite, et en s'élargissant un peu, à travers toute l'épaisseur de l'enveloppe calcaire pour aboutir à la surface du têt et mettre ainsi en communication toutes les loges avec l'extérieur. La section (fig. 3) ayant encore une certaine épaisseur, on aperçoit dans les deux loges extrêmes de la figure les ouvertures, inégalement distribuées, par lesquelles deux loges voisines sur une même circonférence communiquent entre elles.

Dans une section perpendiculaire à la précédente, par conséquent

Fig. 4. — *Linderina Brugesi* Schlumb. Partie de section horizontale, grossie 100 fois.

dans le plan du disque Pl. III, fig. 9, il est impossible de faire ressortir toute la série des loges à partir de la mégasphère, car elles sont

(1) Figure à demi schématique de la section de la Pl. III, fig. 7.

généralement situées sur une surface concave. La fig. 4 reproduit, à un grossissement plus fort, une partie de la fig. 9 (Pl. III) et l'on constate que dans la partie médiane de leur hauteur, la paroi de toutes les loges est continue sur tout le pourtour, sans aucune trace de suture et s'infléchit pour former chacune des petites loges.

Au milieu de la fig. 9 (Pl. III), on remarque les nombreuses et fortes perforations du massif calcaire.

Forme B. — Elle ne diffère (Pl. III, fig. 8) de la forme *A* que par la petitesse de la loge initiale.

Caractères externes. — Fig. 5.

Fig. 5. — *Linderina Brugesi* Schlumb., grossie environ 40 fois.

Plasmostracum discoïdal plus épais au centre que sur les bords, où l'on aperçoit seulement deux rangs circulaires de petites loges. Têt rugueux par suite des petites proéminences qui s'élèvent entre les perforations.

Habitat. — Éocène supérieur de Bruges (Gironde). Assez rare.

Observations. — Par son aspect extérieur, ce fossile ressemble beaucoup à un *Orbitoïdes* ou à un *Cycloclypeus*. Il diffère des premiers par l'absence de loges dans la partie surépaissie centrale, des seconds par l'absence complète du système de canaux cloisonnaires et des piliers compacts qui traversent le têt.

La note ci-dessus était en cours d'impression lorsque j'ai reçu en communication de M. Wichmann, conservateur du Museum d'Utrecht, une série de tubes de foraminifères de l'Archipel indien.

Le contenu de l'un de ces tubes provient, d'après l'étiquette, du lavage de marnes, intercalées dans une exploitation de charbon de

l'Ile Zebu, l'une des îles du groupe des Bissayas au Sud du Luçon. Il ne se compose que de quatre espèces : quelques *Polystomella craticulata* F. et M. et *Operculina complanata* d'Orb.; de trois ou quatre *Sigmoilina* très voisines de *S. celata* Costa, mais avec une carène plus aiguë et d'un nombre très considérable de *Trillina Howchini*.

Cette espèce, assez rare en Australie, est très commune à l'île Zebu, et cette circonstance m'a permis d'en compléter l'étude et de trouver la forme B. La très petite microsphère est entourée de cinq petites loges à parois minces, sans dépôt interne. La disposition triloculinaire commence avec la neuvième loge et le plasmostracum est formé par une vingtaine de loges, tandis que l'on n'en compte que dix à douze dans la forme A. Les individus de forme B sont à peine plus grands que ceux de forme A.

EXPLICATION DE LA PLANCHE III

Fig. 6. — *Trillina Howchini* Schlumb. Photographie d'une section mince, grossie 50 fois.

Fig. 7 et 8. — *Linderina Brugesi* Schlumb. Photographies de sections transversales des formes A et B, grossies environ 36 fois.

Fig. 9. — La même. Photographie d'une section horizontale, grossie env. 36 fois.

SUR LE PERMIEN DU MASSIF DE LA VANOISE,

par M. P. TERMIER (1).

M. D. Zaccagna, dont chacun connaît les remarquables travaux sur la géologie des Alpes Occidentales, vient de publier le relevé (2) des observations faites en 1887 et 1889, par lui et par son collègue, M. Mattirolo, au cours de quelques excursions à travers les montagnes de la Maurienne et de la Tarentaise. A ce travail sont jointes une planche de coupes et une carte géologique à $\frac{1}{250000}$ de la partie centrale des Alpes Grées.

Ainsi que l'explique M. Zaccagna au début de la Note, ladite carte doit être considérée, surtout pour la partie française, comme une simple esquisse. Les détails n'en ont été soignés qu'au voisinage des lignes de coupes. Pour les régions de la Savoie qu'il n'a pu parcourir, l'auteur s'est contenté de reproduire, en les interprétant suivant ses propres idées, les tracés de Lory, Pillet et Vallet. La gravure des deux planches du *Riassunto* étant déjà terminée lorsque parurent mon *Etude sur la constitution géologique du massif de la Vanoise* et la carte géologique à $\frac{1}{80000}$ qui y est annexée, M. Zaccagna ne crut pas devoir corriger sa carte d'après les indications détaillées qu'il eût pu tirer de la mienne. Il préféra laisser à son esquisse un caractère absolument personnel.

Telle qu'elle est, cette esquisse (je ne parle bien entendu que de la partie française), considérée à son véritable point de vue, c'est-à-dire comme un schéma de la géologie des Alpes savoisiennes, est certainement la moins imparfaite de toutes les cartes d'ensemble de la même région parues jusqu'à ce jour. La suppression des failles hypothétiques imaginées par Lory pour servir de limites à ses *zones alpines*, la restitution au Muschelkalk des calcaires dits « du Briançonnais », l'attribution au Permien des faux gneiss de Modane et des schistes micacés du col de Chavière, de Saint-Bon et de Champagny, ces grands résultats que les explorations plus récentes des géologues français n'ont cessé de confirmer, sont

(1) Communication faite dans la séance du 24 avril ; manuscrit déposé le même jour ; épreuves corrigées par l'auteur parvenues au secrétariat le 25 octobre.

(2) Riassunto di osservazioni geologiche fatte sul versante occidentale delle Alpi Graie. — *Bollettino del R. Comitato Geologico d'Italia.* Série III, vol. III, 1892.

dus, pour la plus forte part, à M. Zaccagna. C'est lui tout le premier qui a appelé l'attention du Service de la Carte Géologique détaillée de la France sur les imperfections (quelle œuvre humaine en est exempte ?) de l'œuvre de Lory. A ce titre, sa carte est fort intéressante, et il vaut mieux qu'il nous l'ait livrée sans retouches. Elle mérite de rester, dans les archives de la géologie alpine, comme un monument de ce que peut réaliser, en fait de synthèse stratigraphique d'un pays très mal connu et extraordinairement difficile, un esprit puissant et sagace, n'ayant à sa disposition qu'un nombre très insuffisant d'observations.

Je ne me propose donc en aucune manière de critiquer ici les détails de la carte de M. Zaccagna, puisqu'il nous déclare lui-même qu'il ne peut garantir l'exactitude de ces détails. Je veux simplement répondre en quelques mots au reproche qu'il me fait d'avoir, dans ma monographie de la Vanoise, exagéré l'extension du terrain permien métamorphique aux dépens du Prépaléozoïque.

Je commencerai par faire remarquer que nous sommes d'accord, M. Zaccagna et moi, sur la *permicité* des phyllades de Modane, du col de Chavière, de la montagne du Saut, du col du Fruit, du Villard et de Champagny. Sans doute les limites indiquées sur nos cartes entre le Houiller et le Permien, comme aussi entre le Permien et le Trias, ne concordent pas absolument; mais c'est là un détail sans importance, puisque, en l'absence de tout fossile, la délimitation de l'étage permien est nécessairement conventionnelle.

Le désaccord entre M. Zaccagna et moi porte seulement sur deux régions : la haute vallée du Doron de Champagny et l'anticlinal de la Vanoise. Dans ces deux régions, M. Zaccagna attribue aux gneiss et micaschistes du Prépaléozoïque les schistes micacés que j'ai cru devoir rapporter au Permien. Il s'abstient d'ailleurs de discuter les arguments sur lesquels j'ai édifié mon interprétation, et n'appuie la sienne que sur l'argument tiré du faciès lithologique.

Malgré la très haute autorité de M. Zaccagna, je crois devoir persister dans mon opinion. Les raisons qui m'y déterminent sont de nature et aussi de valeur différentes pour les deux régions qui font l'objet du litige. Je traiterai donc successivement de chacune de ces deux régions.

A. Haute vallée du Doron de Champagny. — M. Zaccagna décrit cette région (1) d'après des notes que lui a fournies M. Mattirolo. Il termine en avertissant le lecteur que la course de M. Mattirolo a été très rapide et faite dans de mauvaises conditions climatériques.

(1) D. Zaccagna, *loco citato*, p. 225 à 233.

A l'amont de Fribuge, la vallée du Doron est dominée de part et d'autre par de grands escarpements de couleur sombre. De Fribuge à Laisonnay, la vallée est encombrée de débris de toute sorte : ce n'est qu'au delà de Laisonnay que le chemin muletier rencontre de nouveau la roche en place. Cette roche est un schiste micacé d'apparence très métamorphique.

On s'explique que l'ensemble ait paru très homogène à M. Mattirolo et qu'il ait, de prime abord, rapporté à l'Archéen les phyllades des deux rives, depuis Fribuge jusqu'au fond du cirque de Pramecou. Telle avait été aussi, après la même traversée, l'impression de Lory.

En réalité, les escarpements noirâtres qui dominent le Doron entre Fribuge et Laisonnay sont formés de *terrain houiller* (1). Sur les deux rives, les habitants de la vallée ont pratiqué de nombreuses fouilles aux affleurements de petites veines d'anthracite. Ce Houiller apparaît en *anticlinal* au milieu des phyllades. Les phyllades de la rive gauche sont le prolongement certain des phyllades de Champagny (rapportés au Permien par M. Zaccagna) : ils forment toute la haute crête de la Becca-Motta, du Grand-Bec et du Vallonet, toujours compris *entre* le Houiller du bas de la vallée et le Trias de la Vuzelle, du Creux-Noir et des Aiguilles de la Glière. Les phyllades de la rive droite prolongent encore les couches du Bois, permiennes d'après M. Zaccagna; ils forment tout le massif de l'Aiguille-du-Midi. Dans le haut du ravin de Laisonnay, ils supportent des assises triasiques, de sorte que ces phyllades sont, comme ceux du massif du Grand-Bec, compris *entre* le Houiller et le Trias.

J'ajoute qu'il n'y a pas la moindre discordance de stratification entre ces divers terrains, et qu'il est tout aussi difficile d'indiquer la limite entre les phyllades et le Trias que celle entre le Houiller et les phyllades.

« A Laisonnay (2), la vue de l'anticlinal houiller est vraiment » saisissante. Cet anticlinal, progressivement aminci, tranchant par » sa teinte noirâtre sur la couleur claire des bancs quartziteux qui » l'enclavent, traverse obliquement le ravin où tombe la grande » cascade, et va se terminer en pointe un peu plus loin. »

Les phyllades du Grand-Bec sont donc *incontestablement houillers ou permiens*, de même que ceux qui forment, au nord de Laisonnay, la masse énorme de l'Aiguille-du-Midi.

(1) P. Termier, *Etude sur la constitution géologique du massif de la Vanoise*, p. 17-18 et 104-105; et coupes nos 2 et 3.
(2) Id. ibid., p. 104.

Or ces phyllades ont, dans la vallée du Doron, une direction générale Est-Ouest. Ils ne tournent point au Nord à Laisonnay, comme l'indique la carte de M. Zaccagna, et, dans le défilé supérieur du Doron, en aval de la Plagne, ils ne sont point cachés par le Trias. On peut les suivre *sans discontinuité* de Laisonnay jusqu'à la base du glacier de Pramecou, toujours semblables à eux-mêmes et toujours renversés sur les quartzites des Aiguilles de la Glière. Entre la Plagne et le glacier de Pramecou, la direction est encore vers l'Est; mais la largeur de l'anticlinal diminue peu à peu jusqu'à ce qu'enfin il disparaisse sous les calcaires triasiques des Rochers de Pramecou et de la Grande Motte. Ce n'est qu'un peu plus loin vers l'Est, au-delà du glacier de la Grande-Motte, que les plis, extraordinairement serrés et multipliés, reprennent la direction du Nord et marchent droit sur Tignes.

M. Zaccagna (1) signale, d'après M. Mattirolo, un lambeau de calcschistes de type archéen en discordance sous les dépôts triasiques, à la base du glacier de Pramecou, à l'endroit où le torrent entaille la roche en formant une belle cascade. Je crois que M. Mattirolo a été induit en erreur par les nombreux reploiements qui affectent dans cette région les couches triasiques. Le point signalé par M. Zaccagna a été de ma part l'objet d'une étude attentive (2) : je n'y ai rien vu qui ressemble à une discordance de stratification. Les plis y sont d'ailleurs si nombreux et si serrés que des terrains originellement discordants seraient, selon toute vraisemblance, devenus sensiblement parallèles.

Il est donc stratigraphiquement impossible de séparer des phyllades du Grand-Bec ceux du cirque de la Glière et des glaciers de Lépéna, Rosolin et Pramecou.

Stratigraphiquement, tous ces phyllades ne peuvent être rapportés qu'au terrain permien ou à la partie supérieure du terrain houiller. Comme ils ont un faciès très spécial, l'attribution au Permien est la plus vraisemblable.

L'argument pétrographique corrobore cette conclusion.

Nulle part, dans la région qui nous occupe, ni à Laisonnay, ni dans le cirque de la Glière, je n'ai observé ces amphibolites dont parle M. Zaccagna, qu'il indique même sur sa carte, et qui seraient, en effet, de nature à faire attribuer l'ensemble au Prépaléozoïque. Le type pétrographique dominant est celui d'un schiste satiné, à *clivage plissoté*, généralement sériciteux, plus rarement

(1) D. Zaccagna, *loco citato*, p. 233.
(2) P. Termier, *loco citato*, p. 107 et coupe N° 7.

chloriteux. Dans les schistes de Laisonnay et du Grand-Bec, le microscope décèle généralement l'existence de nombreux galets quartzeux plus ou moins recristallisés sur les bords. Les feldspaths sont relativement rares. Les minéraux de métamorphisme sont, outre les phyllites et le quartz, le rutile, la tourmaline, le sphène, l'épidote et la zoïzite. Il *n'y a pas de différence pétrographique* entre les phyllades du Grand-Bec et de Laisonnay et ceux (permiens pour M. Zaccagna) du Villard ou de Champagny.

Il est vrai (1) que le métamorphisme augmente au fur et à mesure que l'on remonte le Doron. Dans le cirque de la Glière, les assises à galets nets deviennent exceptionnelles. La prédominance appartient aux schistes à sphène et épidote. Mais ces schistes à sphène et épidote n'ont, au microscope, aucunement l'aspect archéen. Leur métamorphisme n'est pas plus grand que celui de certains phyllades houillers de Champagny. Les phyllites y demeurent très courtes : ce sont des schistes micacés et non de véritables micaschistes.

Je n'hésite donc pas à dire que l'attribution au Permien des phyllades de la haute vallée du Doron de Champagny est *absolument rationnelle*. Leur *permicité* est tout aussi certaine que la *permicité* des phyllades de Modane et du col de Chavière. Je ne doute pas que M. Zaccagna, si bon juge en matière de terrain permien, ne me donne gain de cause sur ce premier point, le jour où il lui sera permis d'étudier à loisir le cirque de la Glière et les gorges à l'amont de Fribuge.

Je ne dirai rien des massifs de l'Aiguille-du-Midi et du Mont-Pourri (2), car je ne les ai point visités. M. Marcel Bertrand, qui les a parcourus, m'a déclaré que le Houiller et le Permien en forment la plus grande partie.

B. Anticlinal de la Vanoise. — Le plateau qui sert de substratum aux glaciers de la Vanoise est constitué à peu près exclusivement par des phyllades d'une remarquable cristallinité. Ces phyllades, qu'entourent de toute part les assises triasiques, forment un immense anticlinal que l'on peut suivre *sans interruption* depuis Modane jusque près du fond du vallon de la Leisse. Le Doron d'Entre-deux-Eaux s'y est creusé une gorge étroite et profonde, longue de huit à dix kilomètres.

Nulle part le Houiller (3) n'affleure. Les schistes lustrés de la

(1) P. Termier, *loco citato*, p. 52.
(2) Belle-Côte et Mont-Thuria de la carte de M. Zaccagna.
(3) J'entens ici le Houiller à faciès ordinaire.

chaîne de la Sana sont séparés des phyllades en question par une bande continue de Trias. C'est par erreur que M. Zaccagna indique, dans sa carte, au sud de la Grande-Motte, un contact entre les schistes lustrés et les micaschistes.

Les rapports du terrain en question, d'une part avec le Houiller, de l'autre avec les schistes lustrés, sont donc invisibles. On ne peut *affirmer* qu'une chose : l'antériorité dudit terrain au Trias. J'ajoute que le Trias et les phyllades sont rigoureusement concordants dans toute la région qui nous occupe, et que, lorsque les quartzites apparaissent à la base du Trias, on a beaucoup de peine à marquer la limite précise où les phyllades finissent et où commencent les quartzites.

La stratigraphie étant en défaut, on ne peut plus s'appuyer que sur l'argument pétrographique. Or, de l'étude micrographique attentive d'un très grand nombre d'échantillons, comme aussi de l'examen minutieux des faciès sur le terrain même, ressort pour moi une double conclusion :

1° La présence indiscutable du terrain permien dans l'anticlinal de la Vanoise;

2° L'impossibilité de séparer les phyllades dont la permicité est certaine des autres phyllades, même les plus métamorphiques.

Et d'abord, la présence du Permien dans l'anticlinal de la Vanoise est certaine. Toute la haute vallée d'Aussois, au-dessus de la petite plaine appelée le Plan-d'Amont, est creusée dans des phyllades (1), je ne dirai pas analogues, mais *identiques* à ceux de Modane et du col de Chavière (2). On retrouve là ces schistes violacés à noyaux de quartz laiteux, dont l'aspect inhomogène est si caractéristique. Ils alternent avec des schistes gris et verts, et avec des quartzites verdâtres à gros galets de quartz rose. Ces couches forment la haute crête qui court du Rateau à l'Aiguille Doran : on les suit au Sud jusqu'à Modane, où leur passage a été parfaitement reconnu par M. Zaccagna.

Entre cette bande permienne du col d'Aussois et les quartzites du col de Chavière, il n'y a pas place pour un anticlinal archéen. Les schistes sériciteux et chloriteux de la Pointe-de-l'Echelle sont le prolongement certain de ceux de l'Aiguille Doran, et l'équivalent indubitable de ceux du massif de Polset. Toute la crête de Rosoire est faite de ces mêmes schistes. De même aussi la crête déchiquetée

(1) La carte de M. Zaccagna attribue, je ne sais pourquoi, aux quartzites du Trias, tout ce fond de vallée. Lory y avait vu des micaschistes.

(2) P. Termier, *loco citato*, p. 45-47.

de l'Argentière. Les bancs, dirigés Nord-Nord-Est et plongeant vers l'Ouest, s'en vont former le petit massif du Pommier-Blanc, puis la barre rocheuse qui sépare les pâturages des Nants de ceux de la Valette.

L'anticlinal de la Vanoise est donc flanqué à l'Ouest d'une bande permienne continue, dont la largeur moyenne dépasse quinze cents mètres. Les assises qui constituent cette bande ne diffèrent en rien de celles qui forment, sur l'autre rive du Doron de Pralognan, l'anticlinal du massif de Polset.

A l'Est d'une ligne allant du Grand-Marchet au sommet coté 3156 de la crête du col d'Aussois, on voit le métamorphisme des phyllades croître graduellement, jusqu'à une cristallinité vraiment très grande, sans que nulle part on puisse observer soit une discordance de stratification, soit un changement brusque de faciès. Que l'on aborde le haut plateau glacé de la Vanoise par les névés de la Valette, ou par le glacier de Genépy, ou par le fond de la vallée d'Aussois (Roche-Chevrière), l'impression que l'on éprouve sur le terrain est la même : celle de l'impossibilité de séparer les phyllades du plateau des schistes permiens de la bande occidentale (1).

Cette impression augmente encore quand on compare, au point de vue micrographique, les phyllades de la région la plus cristalline (versant Est du plateau de la Vanoise, gorges du Doron, Entre-deux-Eaux) et ceux de la bande permienne. Les uns et les autres semblent être de la même famille. « Les mêmes variétés, contenant » les mêmes minéraux de métamorphisme, se rencontrent partout, » plus ou moins abondantes. Tel schiste d'Entre-deux-Eaux a une » structure micrographique entièrement semblable à celle d'un » schiste du col de Chavière. Les phyllades du Dôme-de-Chasseforêt » se retrouvent, sans la moindre différence, dans les gorges de » Champagny (2). » L'augmentation du métamorphisme se traduit par deux caractères : la disparition graduelle des assises à éléments nettement détritiques ; l'apparition et la fréquence de plus en plus grande des schistes à glaucophane. Les traits communs sont : l'identité des petits minéraux de métamorphisme (ilménite, rutile, sphène, tourmaline) et la constance de leurs caractères, même les moins essentiels ; et plus encore la manière d'être des feldspaths, en *noyaux postérieurs aux phyllites,* chargés des mêmes inclusions que le schiste environnant, tantôt ayant englobé ces inclusions

(1) P. Termier, *loco citato*, p. 24.
(2) P. Termier, *loco citato*, p. 24.

sans en dévier les files, tantôt les ayant alignés de force dans leurs plans de clivage.

Autant les phyllades du Glacier de la Vanoise se rapprochent, par leur physionomie générale, des schistes incontestablement permiens du versant Ouest, autant ils s'éloignent des schistes anthouillers que je connais dans les Alpes françaises.

Depuis ma campagne dans la Vanoise, j'ai consacré déjà deux étés à l'exploration des massifs cristallins du Pelvoux et des Grandes-Rousses. Les phyllades qui constituent une grande partie de ces massifs ne ressemblent point à ceux de la Vanoise. Les minéraux de métamorphisme n'y sont pas les mêmes, ou y présentent des caractères fort différents. Les feldspaths surtout y ont une bien autre allure. L'amphibole commune (actinote et hornblende) *que je n'ai nulle part rencontrée* dans la Vanoise (1), y remplace absolument le glaucophane. Les schistes anciens du Brévent, de Pormenaz et du Prarion, d'après les belles descriptions que nous a données M. Michel-Lévy (2), sont analogues à celles du Pelvoux et des Grandes-Rousses, et, comme ceux-ci, nettement différents de ceux de la Vanoise.

Si donc l'on ne peut *affirmer*, comme je le faisais tout-à-l'heure pour la haute vallée de Champagny, la *permicité* de *tous* les phyllades constituant l'anticlinal de la Vanoise, du moins faut-il reconnaître que l'attribution de ces assises au Permien est vraiment rationnelle. Sans doute, c'est une hypothèse ; mais c'est une hypothèse sérieusement fondée et même extrêmement probable. En l'état actuel de nos connaissances, elle est, à mon avis, la seule que l'on soit scientifiquement en droit de formuler.

Contre cette hypothèse, il n'y a d'ailleurs pas d'objections embarrassantes. M. Zaccagna allègue l'extrême complication que je suis obligé d'admettre dans la région d'Entre-deux-Eaux : mais cette complication résulte uniquement de ce fait qu'il y a *partout*, entre les schistes lustrés et les micaschistes en question, une bande de Trias. Que les micaschistes soient permiens ou archéens, l'allure générale des coupes est la même.

On ne peut objecter sérieusement l'épaisseur que je suis conduit à donner au terrain permien dans le massif de la Vanoise. Personne

(1) Je fais naturellement abstraction des *Schistes Lustrés* de la chaîne de la Sana, qui contiennent des amphibolites du type ordinaire. Ces schistes ne sont point en cause ici.

(2) Michel-Lévy. — *Etude sur les roches cristallines et éruptives des environs du Mont-Blanc* et *Note sur la prolongation vers le sud de la chaîne des Aiguilles-Rouges*, Bulletin des services de la carte géologique, t. I et III.

ne peut nier que ce terrain existe dans les massifs de Polset et de la Becca-Motta et qu'il y atteigne une épaisseur très grande, probablement supérieure à un millier de mètres. Quoi d'étonnant dès lors que ce terrain se retrouve dans l'anticlinal de la Vanoise avec une épaisseur, plus forte sans doute, mais comparable ? Cette épaisseur, en tout cas, est bien inférieure à celle qu'atteint le Houiller entre le massif de Polset et le col des Encombres.

Dans les Alpes occidentales, les dépôts permiens ont certainement été discontinus. On doit donc s'attendre à ne pas toujours les rencontrer sous les assises triasiques, et, quand on les rencontre, à leur trouver des puissances fort inégales (1). L'épaisseur des dépôts a dû parfois localement s'augmenter par l'accumulation de coulées éruptives, comme il arrive pour le Houiller et le Trias (2). La forte teneur en alcalis de la plupart des assises permiennes (ou supposées permiennes) du massif de la Vanoise me porte à croire que cette dernière cause a largement contribué à l'exagération locale de la puissance, comme à celle de la cristallinité (3).

Quant à l'objection tirée d'un *trop grand* métamorphisme, elle résulte d'une idée préconçue, et, par conséquent, ne peut être invoquée contre un fait. Or, un fait certain, c'est la présence, dans des assises indubitablement permiennes, de schistes extrêmement cristallins, n'ayant plus aucune apparence détritique. Des schistes analogues se rencontrent aussi dans le Houiller et dans le Trias. Sauf le glaucophane, ils renferment tous les minéraux des phyllades d'Entre-deux-Eaux : certains schistes triasiques contiennent même, en plus, du chloritoïde. Ces assises extra-cristallines sont, il est vrai, relativement rares dans le Permien indubitable, comme

(1) Dans le massif du Pelvoux, le Permien fait généralement défaut. Au Sud de ce massif, aux Rouchoux, près La Salette, il apparaît brusquement entre le Houiller et le Trias avec une épaisseur d'au moins 600 mètres.

(2) Les coulées d'orthophyre dans le Houiller des Grandes-Rousses ont jusqu'à *mille* mètres d'épaisseur et peut-être bien davantage. Dans la région de la Salette, visée à la note précédente, les nappes de mélaphyre épanchées au sommet du Trias acquièrent une puissance supérieure à deux cents mètres.

(3) D'après un renseignement que me communiquait tout dernièrement M. H. Schardt, certaines *bésimaudites* de la localité classique (Mte Besimauda), étudiées par M. Gümbel, seraient des tufs éruptifs.

A ce propos, on remarquera que j'ai soigneusement évité (de même que dans l'étude sur la Vanoise) de me servir de ce mot *bésimaudite* pour désigner les schistes permiens métamorphiques. Ce mot, qui n'a jamais été défini, et que l'on peut, par conséquent, appliquer à des roches fort éloignées les unes des autres, me paraît plus dangereux qu'utile.

elles sont rares dans le Houiller et dans le Trias : elles deviennent, au contraire, la règle dans l'anticlinal de la Vanoise.

Mais il suffit évidemment, pour expliquer la différence, de supposer une intensité variable à la cause, quelle qu'elle soit, qui a produit le métamorphisme. Et si la région la plus cristalline est en même temps celle où les actions dynamiques résultant du plissement ont été les plus intenses (c'est précisément le cas pour la Vanoise), l'objection tombe complètement.

Je serais heureux si ces quelques lignes pouvaient décider l'éminent géologue, à qui j'ai l'honneur de répondre, à revenir visiter les confins de la Maurienne et de la Tarentaise, où semblent s'être accumulés tant de difficiles problèmes de stratigraphie. Je reconnais volontiers que la discussion reste ouverte sur les schistes de l'anticlinal de la Vanoise, mais elle pourrait s'ouvrir aussi sur bien d'autres questions ; et, si M. Zaccagna voulait bien y prendre part, ce serait assurément un grand profit pour la Science.

LE QUATERNAIRE DU MAZ D'AZIL,

par **M. TARDY** (1).

La montagne qui ferme l'horizon à l'ouest du Maz d'Azil (Ariège), projette au Sud un promontoire assez étroit qui ferme aussi la vue au Sud et au Sud-Est du Maz d'Azil. Au Nord et à l'Est, d'autres chaînes raccordées aux précédentes, ferment aussi l'horizon ; en sorte que la vallée du Maz d'Azil est fermée de toutes parts. La rivière qui s'en échappe en sort au Nord-Est par une cluse ou un défilé assez étroit, qui est la seule issue pour sortir de cet asile. Au Sud, tous les passages sont restés longtemps fermés, mais un col assez bas a permis d'abord le premier établissement d'une route bientôt transportée sous la Montagne, dans un souterrain naturel, déjà connu depuis très longtemps, puisque les gabelles y avaient établi deux postes de surveillance, l'un situé sur la route actuelle, l'autre en face dans les rochers.

Stations préhistoriques

La route utilise une caverne naturelle, occupée déjà auparavant par la rivière de l'Arize. La route suit le torrent en se tenant sur sa rive droite. Sur sa rive gauche opposée, le torrent baigne presque partout la paroi rocheuse, sauf sur un point, vers l'entrée Sud, où la rivière a formé des atterrissements au milieu desquels l'homme quaternaire magdalénien, est venu habiter pendant leur formation. Ensuite toutes les civilisations modernes sont venues habiter ce point, où les eaux de l'Arize ne se sont plus jamais aventurées depuis la fin du quaternaire. L'absence sur ce point de toute infiltration d'eau venant de la voûte, la pénétration facile des rayons solaires, ont fait de ce point un lieu tout à fait exceptionnel, pour la conservation de tous les vestiges des civilisations humaines. C'est pourquoi on y a rencontré ces cailloux si singuliers, par leurs taches de couleur rouge, qu'on n'avait jusqu'ici jamais vus ailleurs.

Les galets coloriés dont je viens de parler sont stratigraphique-

(1) Communication faite dans la séance du 15 mai ; manuscrit remis le même our ; épreuves corrigées par l'auteur parvenues au Secrétariat le 3 novembre.

ment placés sous la couche de la Pierre polie, mais en contact intime avec elle. Avec ces galets coloriés, on ne rencontre jamais de vestiges d'animaux quaternaires, on y trouve au contraire toute la faune moderne et des débris de poterie. Cette civilisation rappelle tout à fait celle qu'on trouve à la base de la Pierre polie sur la Saône, et maintenant dans un si grand nombre d'endroits, qu'on a cru devoir lui donner un nom spécial. M. Salmon l'a appelée le Campinien. Cette civilisation repose partout, aussi bien sur la Saône que dans la grotte de Brassempouye, près d'Orthez, sur le dépôt appelé par M. Hébert et par moi, Diluvium du Nord, qui clôt les temps géologiques quaternaires.

La présence, à trente centimètres au-dessous de la couche à galets coloriés, d'une station des habitants quaternaires magdaléniens, avait fait espérer au savant et habile explorateur de ce gisement exceptionnel, à M. Piette, de voir enfin l'homme quaternaire se souder sur notre sol à l'homme moderne néolithique des galets coloriés. Malheureusement cette soudure n'existe pas plus sur ce point qu'ailleurs. A Brassempouye, dans la grotte explorée par l'Association Française, en 1892, il y avait entre les deux civilisations, l'assise très homogène, formée d'un seul coup, du Diluvium du Nord, caractérisée par ses cailloux anguleux disséminés dans la terre, et néanmoins tous bien orientés par le courant Diluvien, se précipitant dans la caverne et la remplissant rapidement d'un dépôt limoneux rouge qui a environ trente centimètres à cette heure, en face de l'entrée principale, sur le point où j'ai pu le bien constater.

Au Maz d'Azil, le Diluvium du Nord manque au-dessous des galets coloriés que j'ai recueillis en place, à quelques mètres de distance de la station quaternaire la plus élevée de l'époque magdalénienne, ou du moins, si le Diluvium du Nord existe, il y manque la présence évidente de ses cailloux anguleux caractéristiques ; ce qui empêche de reconnaître sa présence sur ce point.

Néanmoins la continuité d'habitation de l'homme n'existe pas plus sur ce point que partout ailleurs en France. En effet, la couche contenant les galets coloriés repose sur des lits sableux finement stratifiés, composés de deux lits, l'un plus sableux, l'autre plus argileux. Ces lits sucessifs sont très minces et rappellent tout à fait tous les dépôts fluviatiles, tels que ceux des bassins de Saint-Nazaire, qui ont permis à M. Kerviller un essai de chronométrie, exactement concordant avec ce que je trouvais à la même époque sur la Saône, dates qui sont aujourd'hui confirmées par tous les

documents historiques, et surtout par le tableau d'histoire tel que je l'ai publié dans le nº 406 du *Cosmos* en coupant l'histoire par périodes égales de huit siècles. Or, sur toutes les rivières, les recherches auxquelles je me suis livré prouvent que deux lits, l'un argileux, l'autre sableux, constituent en général un dépôt d'une année.

En admettant la conclusion précédende, pour les lits alternants de sables maigres et d'argile sableuse, qui forment les lits intercalés, entre la dernière civilisation magdalénienne de la grotte du Maz d'Azil, et la couche des galets coloriés, on arrive à un minimum de soixante ans, séparant la dernière civilisation quaternaire, de la première civilisation moderne.

Mais ce minimum est certainement bien au-dessous de la vérité. En effet le sol de la couche à galets coloriés est formé du même sable que les alluvions quaternaires mentionnées ci-dessus, dont les lits minces alternatifs commencent à se montrer bien au-dessous de la dernière station de l'homme quaternaire magdalénien. La couche des galets coloriés est, en grande partie, formée à sa base par des couches quaternaires piétinées, qui ne sont pas comprises dans le calcul des soixante ans donné ci-dessus, puisqu'on ne peut apprécier l'épaisseur des couches qui ont été ainsi triturées, sous les pieds des hommes de l'époque des galets coloriés de l'Arize.

La durée de soixante ans indiquée ci-dessus est encore un minimum pour d'autres raisons qu'il importe d'énoncer. D'abord sur l'autre rive de l'Arize, le long de la route, les lits minces de l'alluvion sableuse quaternaire s'élèvent à une hauteur supérieure à celle de la couche à galets coloriés, et en outre, le long de la route, l'alluvion quaternaire est surmontée d'un lehm jaune qui fait actuellement défaut sur l'autre rive. Il résulte de la présence de ces divers dépôts, que le minimum de soixante ans est bien au-dessous de la vérité et qu'une lacune vraisemblablement de plus d'un siècle, sépare bien certainement l'homme de l'âge des galets coloriés, de celui qui habitait en ce lieu à l'époque de la dernière station magdalénienne.

La filiation entre l'homme quaternaire et l'homme moderne reste ainsi encore à trouver.

Age de l'ouverture de la grotte

La grotte du Maz d'Azil, suivie par l'Arize, est à cette heure suivie aussi par uue bonne route qui passait anciennement un peu plus bas dans le lit de la rivière.

On l'a exhaussée, pour la soustraire aux inondations.

A l'occasion de ces travaux, on a déblayé plusieurs ramifications de la caverne suivie par la route. On a trouvé, dans la direction du Sud, un passage rempli de lehm qui aboutit sous un champ situé à l'est de l'entrée sud actuelle. Sur d'autres points on a déblayé des alluvions et des lehms à ossements, dont il reste par ci par là quelques témoins, suffisants encore pour se faire une idée des remplissages successifs de la grotte; nous allons les suivre dans leur ordre successif et chronologique, en partant de l'époque actuelle.

A l'époque actuelle, l'Arize est obstruée par des blocs de rochers tombés de la voûte, au milieu desquels il se dépose un peu de sable en temps de crue. Sur la rive gauche, un suintement d'eau qui tombe goutte à goutte forme une stalactite spongieuse et en dessous une stalagmite A, qui est aussi spongieuse en partie. Tandis qu'en général les stalactites sont composées de couches parallèles facilement distinguables, qui dénotent la présence de périodes sèches et de périodes pluvieuses, il est ici bien souvent difficile de saisir une différence annuelle dans cette stalactite; on y arrive cependant. La stalagmite correspondante repose sur un sol qu'elle recouvre en partie et qui semble appartenir à l'époque du Fer qui surmonte en quelques points les lits noirâtres de l'âge du Bronze et de la Pierre polie. La partie isolée supérieure de la stalagmite représenterait donc les dépôts formés pendant les époques romaine, franque et actuelle, soit un mètre et demi de hauteur formé en deux mille ans.

Au-dessous, les lits noirâtres, si habilement fouillés sous la direction de notre savant confrère, M. Piette, et avec ses fonds, représentent l'époque des diverses civilisations modernes, depuis celle des Galets coloriés jusqu'à l'apparition de l'époque du Fer. Ces couches sont entremêlées de gros cailloux tombés de la voute, qui en laisse choir encore de temps à autres. Mais il est remarquable que dans la partie où il se forme des stalactites, la chute des blocs est presque nulle depuis fort longtemps. Au contraire c'est autour de la stalactite, mais à plusieurs mètres de distance de celle-ci, que sont tombés presque tous les gros blocs de plus d'un mètre cube.

Au-dessous des lits contenant les civilisations du Bronze, de la Pierre polie, des Galets coloriés, on trouve les lits minces déjà mentionnés, qui appartiennent au Quaternaire et renferment à différents niveaux des nids de débris de la civilisation magdalénienne. On peut, dans les belles coupes de M. Piette, décrites aux

sections de géologie et d'anthropologie du Congrès de l'Association française en 1892, à Pau, observer que les éclats de rochers tombés de la voûte appartiennent surtout aux époques où l'homme, soit quaternaire, soit moderne, a abandonné des objets de son industrie sur le sol. Il est donc probable que ces chutes sont plus fréquentes aux époques sèches qu'aux époques humides, où la rivière formait pendant la fin du quaternaire, les lits minces dont j'ai déjà parlé.

Les lits minces de la dernière alluvion quaternaire sont, au dire de M. Piette, d'après une évaluation très sérieuse, au nombre de 800. Ils représenteraient donc une durée de quatre cents ans; c'est à dire exactement la même durée que chacune des alluvions modernes de nos rivières, attéries sur leurs rives d'une façon continue, et séparées entre elles par des lacunes sédimentaires très nettes.

A Bourg-en-Bresse, mes recherches archéologiques m'ont montré que les lacunes sédimentaires de ces dépôts correspondent de même, à quatre cents ans, et cadrent exactement avec la partie supérieure de mon tableau d'histoire déjà cité, où celle-ci est coupée par périodes de 800 ans.

Le régime des temps quaternaires était ainsi tout à fait identique au régime moderne, quant à la durée de ses phases. Au point de vue des dépôts, il y a une différence, tenant à ce qu'à l'époque quaternaire, on était dans une période de creusement des vallées, tandis qu'aujourd'hui nous sommes dans une période moderne de comblement des vallées, quaternaires. Ce dernier fait, démontré sur un grand nombre de rivières, est aussi sensible sur l'Arize souterraine dont le lit se comble de débris de toute nature, malgré sa pente rapide. Les dépôts abandonnés aujourd'hui sont boueux, tandis que les lits magdaléniens quaternaires minces déjà signalés sont sableux.

Au-dessus des lits sableux minces des alluvions de l'époque magdalénienne, on voit, du côté du Sud, à l'Est de la route, un lehm jaune sableux très fin, qui couronne ces sables et achève ce que j'ai toujours appelé les alluvions de la terrasse de dix mètres. Ici le niveau atteint est un peu au-dessous de dix mètres.

Toutes les alluvions de la terrasse de dix mètres sont supportées, sur les deux rives de l'Arize, par des blocs de rocher tombés de la voûte de la grotte. Ces blocs sont tombés sur un lehm d'un âge plus

ancien, qui forme le fond, stérile en débris archéologiques, de l'une des fouilles transversales de M. Piette, que j'ai vue ouverte.

La disposition de ce lehm inférieur montre bien que les loess et les lehms ne sont pas des dépôts d'un seul âge, formés en une seule fois, mais des dépôts qui alternent avec des alluvions quaternaires successives.

Si les lits sableux minces de la terrasse de dix mètres représentent la période humide, les blocs sur lesquels repose cette alluvion représentent la période sèche, conformément à la remarque que j'ai déjà signalée ci-dessus. La période magdalénienne serait donc une période humide. Ce fait concorde avec ceux qu'on peut déduire de mes études comparatives de géologie, d'archéologie des temps modernes et d'histoire, que j'ai résumées dans le tableau ci-joint déjà cité du N° 406 du *Cosmos*.

La civilisation magdalénienne est bien certainement une civilisation très artistique et ne peut se placer que dans la partie inférieure du tableau déjà cité, où se trouvent toutes les époques brillantes des civilisations modernes. Et, comme ces dernières, elle correspond à une époque de dépôts fluviatiles, et à une époque très probablement humide.

Il y a donc identité complète entre les deux périodes géologiques, quaternaire et moderne, au point de vue des lois qui les régissent. L'intensité des phénomènes diffère seule.

La présence d'un lehm argileux à la base des alluvions en lits minces de la terrasse de dix mètres prouve que la rivière avait, à cette époque, atteint un bien faible débit et une bien minime puissance de transport ; c'était donc une période de faibles eaux. Au contraire, sous ces lehms, dans un emprunt fait à l'est de la route, on voyait autrefois, me disait M. Piette, des alluvions dans lesquelles on a trouvé un rhinocéros. Ces alluvions bien stratifiées sont cachées aujourd'hui par toutes sortes de remblais étrangers et sont recouvertes par un lehm très épais, raviné plus tard, pour préparer le lit magdalénien de la terrasse de dix mètres dont je viens de parler.

A la cote de vingt mètres au-dessus de l'Arize, sur le lehm très épais, on a trouvé des stations de l'homme quaternaire.

Ces stations, par la faune qui les entoure et par les formes de leurs instruments, remontent à un âge plus ancien que l'époque magdalénienne. Ce niveau est celui de la terrasse de vingt mètres. A cette époque la grotte, ouverte aux eaux dans toute sa longueur, était fermée à la circulation des êtres humains, dans sa partie d'aval, succédant au premier coude de la route. En effet la cote de

vingt mètres au-dessus de la rivière touche, vers ce point, le plafond de la voûte de la grotte, et les eaux devaient, à chaque crue apportant un dépôt limoneux, remplir la grotte.

A l'époque où l'homme habitait sur la terrasse de vingt mètres, il tombait encore assez souvent des blocs sur le point qu'il habitait, ainsi qu'en témoignent les débris de roche qui accompagnent les épaves de sa civilisation. On pourrait croire ces débris de roche apportés de main d'homme, mais la plupart déforment les lits du sous sol, sur lequel ils reposent, et prouvent ainsi qu'ils sont tombés de la voûte.

La station occupée par l'homme sur la terrasse de vingt mètres, dans la grotte, est la plus haute station humaine qui soit connue dans la grotte; au-dessus, il n'y a plus de stations humaines, quoique la grotte ait un plafond encore plus élevé et des dépôts quaternaires situés vers le haut de ce plafond, dans une partie de la grotte qui s'ouvre vers la métairie du col située sur la plus ancienne route, presqu'au-dessus de la grotte traversée par la nouvelle route de Saint-Girons.

Dans cette ramification de la grotte, on a trouvé, à environ quarante mètres au-dessus de l'Arize, des ossements d'ours et une alluvion qui ne contient pas de gros cailloux. Celle-ci est disposée en lits très réguliers, mais ses cailloux indiquent que la rivière traversait sur ce point la grotte, en venant de la grotte de la route actuelle, pour sortir sous la montagne, du côté de la métairie qui est au-dessus de la grotte. C'était évidemment là l'issue des eaux, à l'époque de la terrasse de quarante mètres, époque à laquelle les eaux ne pouvaient déjà plus passer par-dessus la montagne, par le col de la vieille route. Au-dessous de l'alluvion, comme au-dessous des lehms qui tapissent le fond de la grotte sur ce point, on trouve de gros cailloux de quartzites, appartenant, d'après M. L. Lartet, au poudingue de Palassou. Ces cailloux existent en grand nombre disséminés à la surface de la montagne; et leur pénétration par le haut de la grotte, près de la Métairie, n'est pas douteuse. C'est du reste vers ce point qu'on a trouvé dans le lehm des ossements d'ours. L'ours caractériserait ainsi plus spécialement la terrasse de quarante mètres. Ces dépôts étant au niveau du plafond de la grotte de la route, du côté d'amont, il est fort probable que cette partie seule de la grotte était ouverte à cette époque, et que la partie d'aval était encore fermée, au moins par les terrains marneux roses qui existent sur les flancs de la montagne, en aval, du côté du Maz-d'Azil. A leur surface, on trouve en aval les alluvions de la

terrasse de quarante mètres vers le réservoir des eaux de cette ville.

Stalagmites de la Grotte.

On voit auprès des stations préhistoriques de M. Piette un filet d'eau tomber goutte à goutte et former une stalactite et une stalagmite. Dans le trou à l'Ours, qui a donné des ossements d'ours trouvés dans le lehm de la terrasse de quarante mètres, on voit à la surface et au milieu du lehm des stalagmites qui sont ainsi très bien datées. Il m'a semblé que, prises aux mêmes lieux, ces stalagmites fournissaient un excellent pluviomètre, permettant de comparer leurs âges respectifs au point de vue de la pluie et de ses conséquences climatériques.

Dans une stalactite, les périodes sèches sont, ainsi que je l'ai observé dans les stalactites des tunnels de chemins de fer, représentées par une couche mince noircie par la fumée ; tandis que la période humide, donnant une stalactite épaisse, cette stalactite est presque blanche, quoiqu'en moyenne le passage des trains soit le même.

Dans les grottes où il ne passe pas de chemin de fer, on distingue de même les zones formées dans les périodes sèches et celles des périodes humides, par leurs teintes. Celles des périodes humides sont blanches, tandis que celles des périodes sèches sont plus minces et généralement jaunies par la poussière. En outre, on voit que les eaux évaporées lentement donnent des stalactites à cassure mate et compacte, tandis que lorsque les eaux sont évaporées rapidement, la stalactite est cristalline. Cette constatation faite dans d'excellentes conditions permet de conclure qu'à l'époque quaternaire, la ventilation était beaucoup plus énergique qu'à l'heure présente. Ce fait, que j'ai déjà constaté dans le Jura, existe aussi au Maz-d'Azil, où l'on trouve une série très complète de couches de stalagmites cristallines fort bien datées.

D'abord on a la stalagmite A_4 moderne dont j'ai déjà parlé, elle donne en moyenne un accroissement de sept centimètres par siècle, en admettant une humidité égale pour toute la période, ce qui est faux si on examine la nature des sédiments des rivières et la disposition des objets archéologiques qu'ils renferment, il est vrai dans une autre région, celle de Bourg (Ain).

La stalagmite précédente existe dans la grotte de la route, sur la rive droite de l'Arize, à l'aval de la station préhistorique, et repose sur la couche du fer, ainsi que je l'ai dit ci-dessus.

Je n'ai pas trouvé de stalagmite magdalénienne ni de stalagmite du niveau des terrasses de vingt mètres.

A la surface des lehms de quarante mètres, sous le plafond de la grotte, on voit encore le reste d'une stalagmite, formée par des eaux qui pénétraient vers ce point dans la grotte. Cette stalagmite était beaucoup plus étendue autrefois, mais les recherches des collectionneurs d'ossements l'ont beaucoup réduite. Cette couche comprend plusieurs lits très cristallins vers le milieu de son épaisseur. A sa base, sur le lehm, on trouve une première couche cristalline de deux à quatre millimètres d'épaisseur, tandis que les lits supérieurs de la stalagmite moderne A indiquée ci-dessus, ont un quart de millimètre environ, et sont spongieux. Au-dessus de ce premier lit, viennent des lits de deux millimètres, séparés par des lignes jaunes épaisses qui se réduisent de plus en plus d'épaisseur et finissent par ne devenir que des lignes, au milieu d'une couche composée de stalagmite cristalline dont les lits ont toujours deux millimètres d'épaisseur. Cette zone à lits serrés présente vingt lits distincts. Enfin la stalagmite se termine par une couche cristalline de plus d'un centimètre, dans laquelle on ne peut que deviner çà et là des lits successifs. Nommons la stalagmite que je viens de décrire D, afin de pouvoir la comparer.

Au-dessous, dans le trou d'où on a extrait les ossements d'ours, on trouve quatre stalagmites. La supérieure E est spongieuse, blanche, et ressemble beaucoup à la stalagmite moderne A. On n'y distingue aucun lit et dans le gisement, à la lumière d'une lanterne, elle semblait séparer deux lehms différents, celui de quarante mètres à ours, de ceux descendus depuis par les fentes.

Au-dessous on trouve trois couches de stalagmites engagées dans le lehm. Dans la première F, les lits sont à peu près de trois millimètres à la base, de deux ensuite, puis ils se séparent les uns des autres et ont un millimètre d'épaisseur et sont très cristallins. Enfin en haut à l'approche du lehm supérieur, ils ont trois millimètres ; ce qui montre que la période où se forme le lehm est une époque très humide; très pluvieuse sans doute.

Cette disposition se retrouve dans la couche qui est au-dessous, G, dans le milieu du lehm. Vers la base, les lits ont cinq millimètres, puis ils n'ont que trois millimètres vers la moitié de la hauteur de la stalagmite, puis deux millimètres au-dessus et enfin les lits sont de quatre millimètres au voisinage de la couche de lehm supérieure.

La troisième couche de stalagmite H, qui est à la base du lehm, a

un aspect différent des autres. Les deux autres F et G étaient cristallines et jaunes, tandis que H est blanchâtre et sans cristaux, d'un calcaire blanc mat. La couche a environ quatre-vingts millimètres, sur le point où j'ai pris mon échantillon. Les lits inférieurs blancs grenus sont à peine discernables ; ils ressemblent beaucoup à la stalagmite moderne A et à E. Néanmoins, à sa base, on devine un lit de quatre millimètres. Enfin, en haut, vers le lehm, les couches de calcaire dur et mat ont, au minimum, cinq millimètres d'épaisseur.

De cet ensemble d'observations, il me semble qu'on peut déjà tirer quelques conclusions. D'abord, à l'époque des lehms, les stalagmites sont cristallines, tandis qu'aux époques intermédiaires, elles sont en calcaire blanc, mat ou spongieux. D'autre part, au voisinage d'une couche de lehm, les stalagmites offrent des lits plus épais, ce qui indique une plus grande puissance de dissolution des roches par l'eau ; le lehm représenterait le maximum de cette action dissolvante. La dissolution du calcaire est due à la présence dans l'eau de l'acide carbonique ou d'un autre acide, la cristallisation est le fait d'une évaporation rapide due sans doute à une ventilation puissante : cette dernière condition surtout indique assez un climat rude et l'on ne doit plus s'étonner que les civilisations artistiques, comme celles de la Magdeleine, n'appartiennent pas à un âge de lehms (1).

D'autres stalagmites se rencontrent un peu partout dans la région. Examinons d'abord celles d'une grotte de la montagne, s'ouvrant en haut et n'ayant pu servir que de repaire de fauves. Elle s'ouvre au sud du dolmen du Cap-del-Pouech, dans les bois. Dans cette grotte, il y a à la surface d'un lehm assez épais, des stalagmites blanches non cristallisées; ce que j'ai signalé déjà pour les stalagmites A, E, H. Or, cette nouvelle stalagmite se placerait de même à un âge où il n'y a pas formation de lehm. Les lits de cette stalagmite qui forme la surface du sol, ont deux millimètres d'épaisseur en moyenne, mais on ne peut en fixer l'âge exactement. Les épaisseurs des couches de la stalagmite A étant prises pour unité, celles de la stalagmite du Cap-del-Pouech auront 8, et celles de la stalagmite H auront 20. Il

(1) Un fait qui prouve encore la rigueur du climat quaternaire, c'est la présence sur le littoral breton, à dix mètres au-dessus du niveau de la mer, d'un cordon de cailloux et de blocs erratiques, qui ne peuvent avoir été déposés aussi régulièrement que par les glaces flottantes de l'Océan, échouées de Brest jusqu'au Sud de la Loire, ainsi que je l'ai constaté en 1893, sur plusieurs points.

(Note ajoutée pendant l'impression).

pleuvait donc au début de la terrasse de quarante mètres, vingt fois plus qu'à l'époque actuelle ; c'est ce qu'on doit déduire de cette étude comparative des stalagmites.

D'autres stalagmites se trouvent encore dans cette région, mais aucune ne présente la certitude d'âge que nous avons pour celles du trou à l'ours de la grotte du Maz-d'Azil. Je les cite néanmoins pour montrer combien le régime des eaux atmosphériques a dû varier. L'une d'elles du groupe de A, offre des lits de deux millimètres, entre des lits cristallins de cinq millimètres. Une autre offre des lits cristallins jaunâtres, très analogues à ceux des stalagmites F, G des lehms ; ces lits ont quinze millimètres, il pleuvait alors soixante fois plus qu'aujourd'hui. Enfin un autre échantillon, d'un autre âge, présente des lits de dix-sept millimètres indiquant soixante-huit fois plus de pluie qu'aujourd'hui.

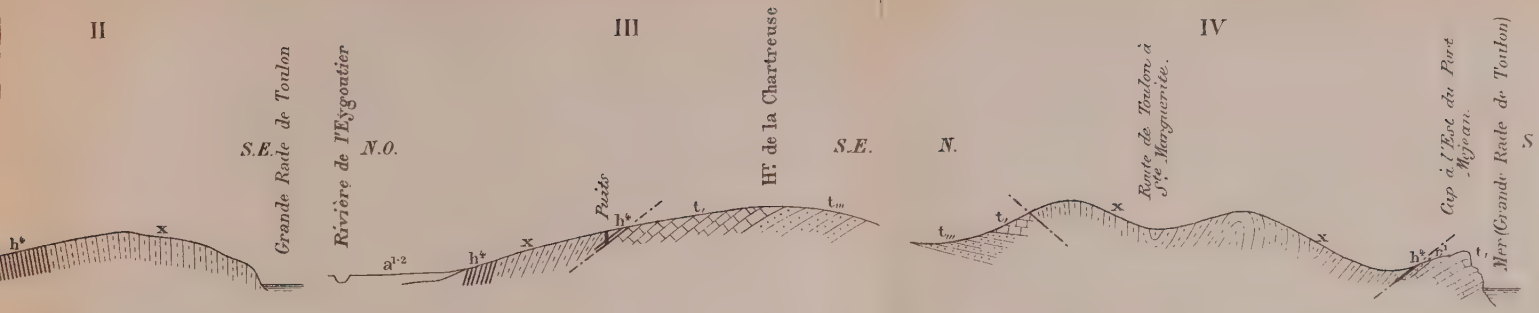
Terrasses au dehors de la grotte

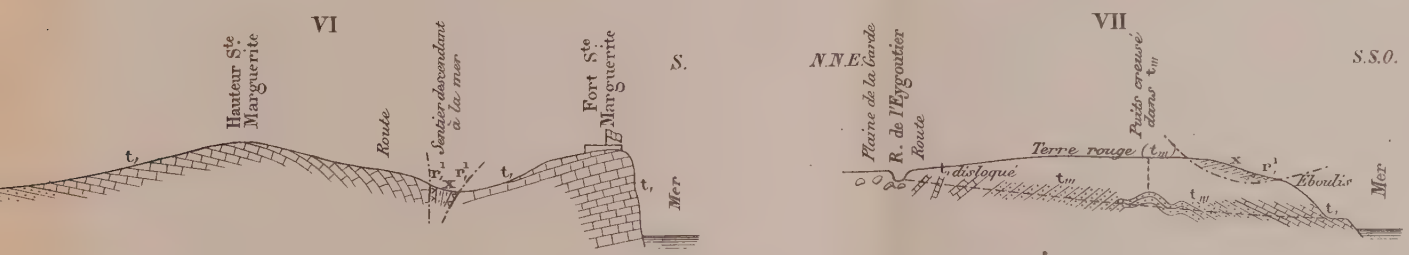
Au dehors de la grotte on peut voir, soit en aval, soit surtout en amont, les divers niveaux des terrains du quaternaire, indiqués par des zones horizontales de cailloux roulés, qui se poursuivent sur de vastes étendues sur les flancs des montagnes de la région. Quelques-uns de ces niveaux sont curieux par les traces que les eaux y ont laissées. Ainsi, par exemple, au Sud-Est, il y a une vallée qui aujourd'hui verse ses eaux dans l'Arize en amont de la grotte, tandis qu'autrefois elle servait de lit à l'Arize qui contournait la montagne de la grotte.

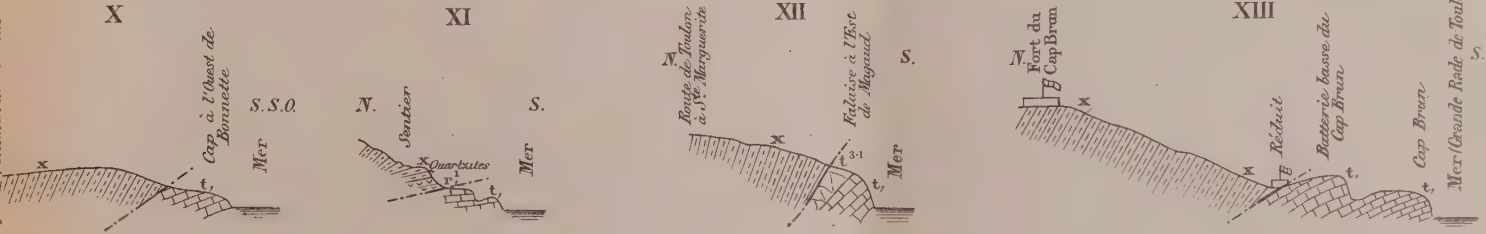
Dans la grotte, je suis parti des terrasses inférieures. Quoique cette marche me paraisse souvent meilleure, au dehors de la grotte, je partirai des hautes terrasses.

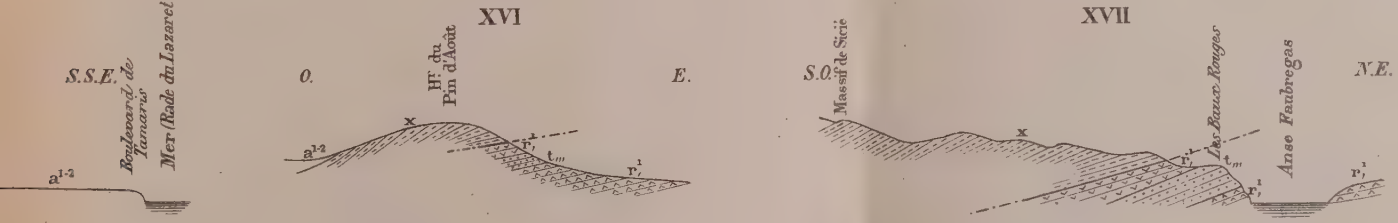
D'abord au sommet de la montagne du Cap-del-Pouech, qui est la plus haute auprès de la grotte, on voit des alluvions qui montrent que cette montagne a été noyée assez récemment et que les eaux ont stratifié les cailloux anciens sur sa cime. Ces cailloux reposent sur un lehm argileux identique à celui des grottes ; ils sont déposés par un courant du Sud-Ouest et remaniés par le Diluvium final du Nord qui existe partout en dehors de la grotte et même dans la grotte, mais seulement sur un point restreint, sur le lehm de dix mètres ; partout ailleurs il a disparu sous les éboulements, ou par suite de l'action de l'homme aux divers âges de son occupation, depuis la civilisation des galets coloriés, vingt-deux siècles avant Jésus-Christ jusqu'à l'époque actuelle.

rons de Toulon.





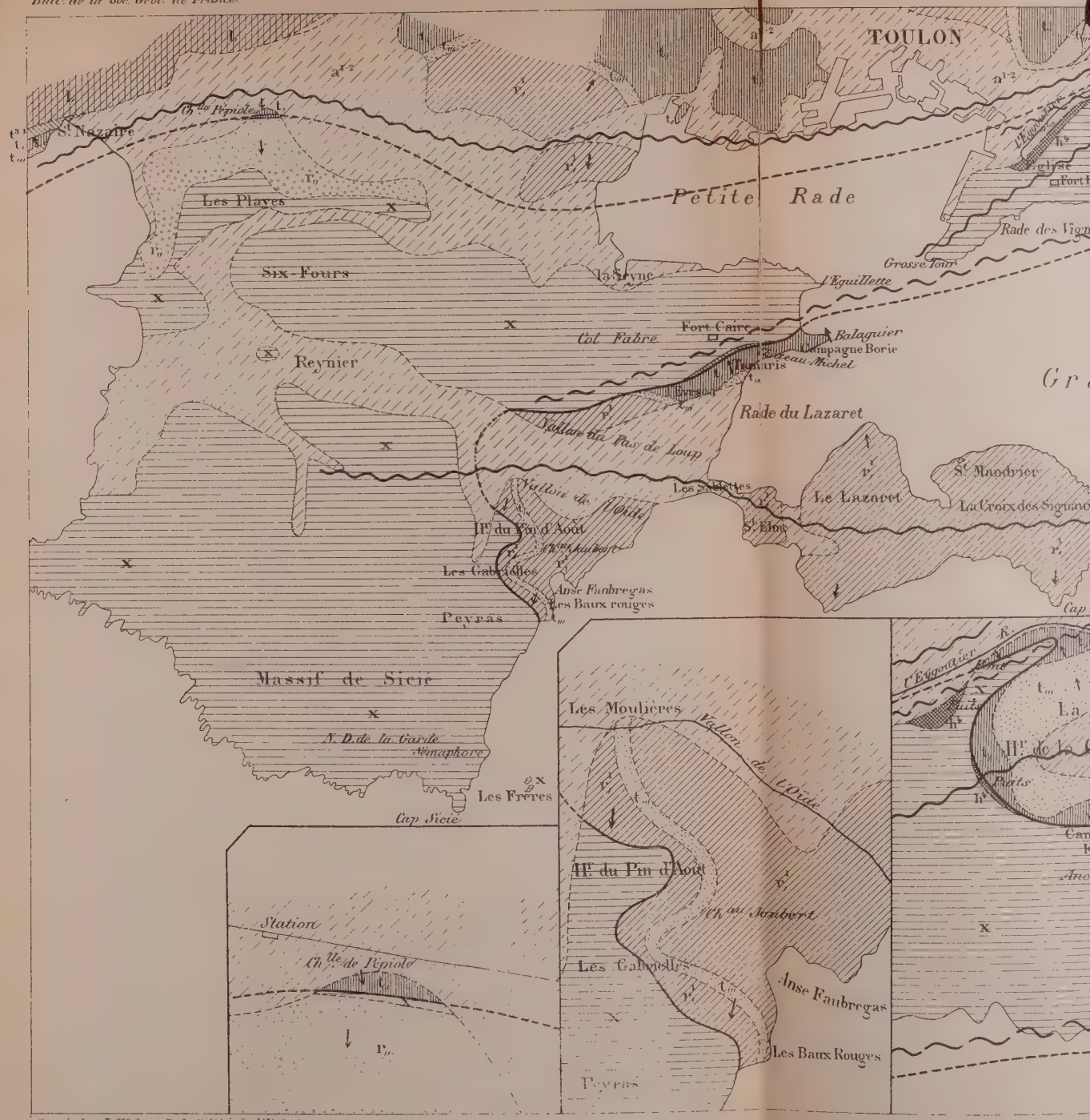




LÉGENDE

Echelles des Coupes I. XVI. XVII : $\frac{1}{20000}$ — II à XV : $\frac{1}{10000}$ — XVIII. XIX : $\frac{1}{50000}$.

— · — · — · — Ligne de contact anormal.



Gravé chez L. Wuhrer R. de l'Abbé de l'Epée 4

CARTE GÉOLOGIQUE DES ENVIRONS DE TOULON

Légende

x	h^{γ}	r_1	r_1^1	t_m	t_1	t^{3-2}	l_1	a^{1-2}
Phyllades et Quartzites	Schistes houillers	Permien inférieur.	Permien.	Grès bigarrés	Muschelkalk	Marnes et gypses	Infralias	Alluvions

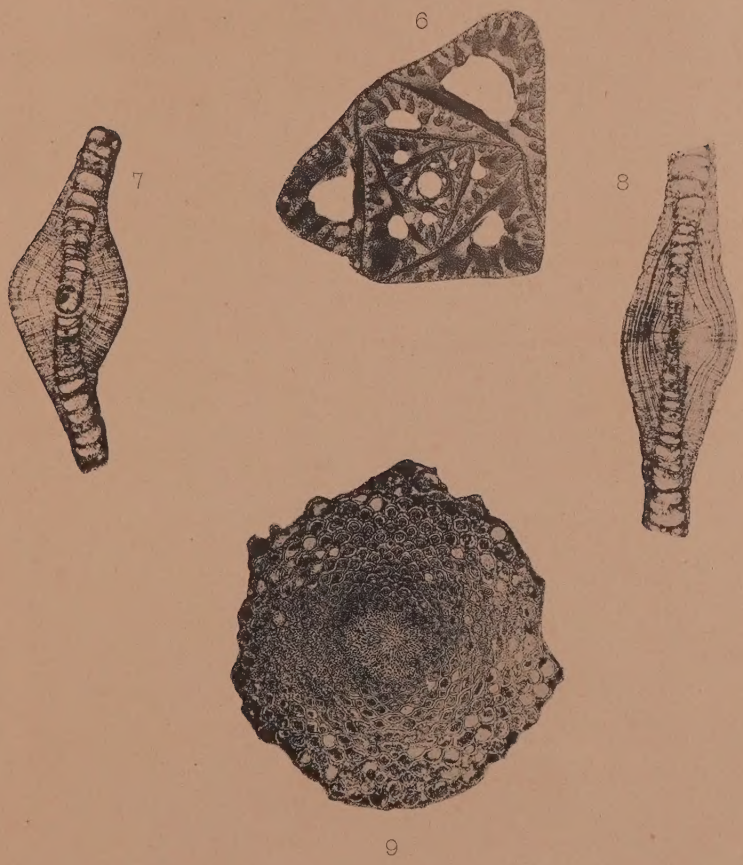
Failles de recouvrement
Couches étirées
Failles ordinaires
Axes anticlinaux
Axes synclinaux
Pendages

Echelles { Ensemble ..... $\frac{1}{62.500^e}$; Détails ..... $\frac{1}{25.000^e}$

Ste Musse
Hte de la Chartreuse
Col de la Sérinette
Campagne Fabry
Inverne mine
Pont du Suve
L'Eygoutier
Pont de la Clue
Fort Cap Brun
Port Méjean
Les Ilettes
Cap Brun
Chau et Bie Ste Marguerite
Le Pradet
l'Artaude
Le Pin de Galle
Bonnette
La Garonne
Colline Noire
Bte de Carquiranne
de Rade
GOLFE DE GIENS

Port Méjean
Fort du Cap Brun
Les Ilettes
Cap Brun
Chau et Bie Ste Marguerite
Tunnel
La Garonne
Le Pin de Galle
Pont de la Clue
Pc Eygoutier
Gd Eygoutier
Les Formigues
Presqu'île de Giens

Bull. Soc. Géol. de France. 3e Série, T. XXI, Pl. VI.
(Séance du 24 avril 1893).



6. — Trillina Howchini Schlumb.
7-9. — Linderina Brugesi Schlumb.

Photot. Berthaud, Paris.

EXTRAIT DU RÈGLEMENT CONSTITUTIF DE LA SOCIÉTÉ

APPROUVÉ PAR ORDONNANCE DU ROI DU 3 AVRIL 1833

ART. III. — Le nombre des membres de la Société est illimité (1). Les Français et les Etrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

ART. IV. — L'administration de la Société est confiée à un Bureau et à un Conseil, dont le Bureau fait essentiellement partie.

ART. V. — Le Bureau est composé d'un président, de quatre vice-présidents, de deux secrétaires, de deux vice-secrétaires, d'un trésorier, d'un archiviste.

ART. VI. — Le président et les vice-présidents sont élus pour une année ; les secrétaires et les vice-secrétaires, pour deux années ; le trésorier, pour trois années ; l'archiviste, pour quatre années.

ART. VII. — Aucun fonctionnaire n'est immédiatement rééligible dans les mêmes fonctions.

ART. VIII. — Le Conseil est formé de douze membres, dont quatre sont remplacés chaque année.

ART. IX. — Les membres du Conseil et ceux du Bureau, sauf le président, sont élus à la majorité absolue. Leurs fonctions sont gratuites.

ART. X. — Le président est choisi, à la pluralité, parmi les quatre vice-présidents de l'année précédente. Tous les membres sont appelés à participer à son élection, directement ou par correspondance.

ART. XI. — La Société tient ses séances habituelles à Paris, de novembre à juillet (2).

ART. XII. — Chaque année, de juillet à novembre, la Société tiendra une ou plusieurs séances extraordinaires sur un des points de la France qui aura été préalablement déterminé. Un Bureau sera spécialement organisé par les membres présents à ces réunions.

ART. XIV. — Un *Bulletin* périodique des travaux de la Société est délivré gratuitement à chaque membre.

ART. XVII. — Chaque membre paye : 1° un droit d'entrée ; 2° une cotisation annuelle. Le droit d'entrée est fixé à la somme de 20 francs. Ce droit pourra être augmenté par la suite, mais seulement pour les membres à élire. La cotisation annuelle est invariablement fixée à 30 francs. La cotisation annuelle peut, au choix de chaque membre, être remplacée par le versement d'une somme fixée par la Société en assemblée générale. *(Décret du 12 décembre 1873).* (3).

(1) Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans l'une de ses séances par deux membres qui auront signé la présentation, avoir été proclamé dans la séance suivante par le Président, et avoir reçu le diplôme de membre de la Société *(Art. 4 du règlement administratif).*

(2) Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être présentées chaque fois par un de ses membres. *(Art. 42 du règlement administratif.)*

(3) Cette somme a été fixée à 400 francs *(Séance du 20 novembre 1871).*

TABLEAU INDICATIF DES JOURS DE SÉANCE

ANNÉE 1893

Les séances se tiennent à 8 heures 1/2 du soir, rue des Grands-Augustins, 7

Les 1er et 3e lundis de chaque mois.

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Novembre	Décembre
9	6	6	6*	1	5	6	4
23	20	20	10 24	15	19	20	18

Séance générale annuelle à 3 heures, le Jeudi 6 Avril.

La bibliothèque est ouverte tous les jours, de 1 heure à 6 heures.

COMPOSITION DU BUREAU DE LA SOCIÉTÉ

POUR L'ANNÉE 1893

Président : M. Zeiller.

Vice-Présidents :

M. Gosselet. | M. de Grossouvre. | M. Carez. | M. Chaper.

Secrétaires :

M. Dereims, pour la France.
M. Thiéry, pour l'Etranger.

Vice-Secrétaires :

M. Cayeux.
M. L. Bertrand.

Trésorier : M. L. Janet. | *Archiviste* : M. Em. de Margerie.

Membres du Conseil :

M. M. Bertrand.
M. Fischer.
M. Gaudry.
M. Munier-Chalmas.
M. Cotteau.
M. Haug.
M. Pellat.
M. Michel Lévy.
M. Douvillé.
M. de Lapparent.
M. Bergeron.
M. Schlumberger.

NOTES & MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LES FEUILLES 5-9

(t. XXI).

Ph. Zürcher. — *Note sur les phénomènes de recouvrement des environs de Toulon* (Pl. I-II) 65
M. Hovelacque. — *Recherches sur le Lepidodendron Seluginoides Sternb.* 78
De Rouville. — *Lettre à M. Bergeron* 83
Peron. — *Sur le Tertiaire supérieur de l'Algérie* (Réponse à la note de M. Pomel) 84
Michel Lévy. — *Allocution présidentielle* 93
M. Bertrand. — *Rapport sur le prix Fontannes* 97
M. Chaper. — *Note sur un gîte cuivreux d'origine volcanique du Caucase méridional* 101
G. Baron. — *Notice géologique sur les environs de Menton* 110
Schlumberger. — *Note sur les genres Trillina et Linderina* (Pl. III) 118
Termier. — *Sur le Permien du massif de la Vanoise* 124
Tardy. — *Sur le Quaternaire du Mas d'Azil* 134

Le Secrétaire-Gérant :
A. DEREIMS.